

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

PHYSIOLOGISCHE REIZUNG DES ENDDARMES UND DIE AUSWIRKUNG AUF DAS EMG DES M. SPHINCTER ANI EXTERNUS

Ein experimenteller Beitrag

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
des Hohen Fachbereichs Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Ludwig Heinrich Stauber
aus Pucher

PHYSIOLOGISCHE REIZUNG DES ENDDARMES UND DIE AUSWIRKUNG AUF DAS EMG DES M. SPHINCTER ANI EXTERNUS

Ein experimenteller Beitrag

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
des Hohen Fachbereichs Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Ludwig Heinrich Stauber

aus Pucher

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin der
Universität Erlangen-Nürnberg



komm. Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Priv.-Doz. Dr. K. Schwemmler

Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 3. Februar 1975

INHALTSANGABE

	<u>Seite</u>
<u>EINLEITUNG</u>	6
Die Unterteilung der motorischen Einheit ("subunits")	6
Anatomie der Analregion des Hundes	7
Physiologie und Vorgang der Defäkation	8
<u>MATERIAL UND METHODIK</u>	10
Versuchsdurchführung	12
a) Miller-Abbott-Ballon	13
b) Folley-Katheter = Darmrohr mit Ballon	14
c) Reizelektroden	15
Zusatzgeräte	16
Versuchsablauf	19
a) Mechanische Reizung des Enddarms durch intraluminal ausgeübten Druck mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballons	19
b) Mechanische Reizung des Enddarms durch intraluminal ausgeübten Druck mit Hilfe des Folley-Katheters	21

	<u>Seite</u>
c) Intraluminaler Druckreiz ohne Ballon	21
d) Kombinierte Reizung des Enddarms durch Druck und Zug	22
e) Thermische Reizung des Enddarms	23
f) Simultane Registrierung von intraluminalem Druck und Sphinkteraktivität	24
g) Elektrische Reizung des Enddarms und des m. sphincter ani externus	25

VERSUCHSERGEBNISSE UND VERSUCHSAUSWERTUNG 26

1) Ruheaktivität	26
2) Druckumschlagswerte und kontinuierliche Druckabnahme	30
Mechanische Reizung des Enddarms durch intraluminal ausgeübten Druck mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballons	34
Intraluminaler Druckreiz ohne Ballon	44
Stimulation bei kontinuierlicher Reizung durch Druck und Zug	46
Thermische Reizung des Enddarms	49
Langzeitmessungen	53

REIZUNG DES DICKDARMS MITTELS

ELEKTRISCHEM STROM

55

Elektrische Reizung des Dickdarms in 30 cm Darmtiefe 55

Elektrische Reizung des Dickdarms in 20 cm Darmtiefe 56

Elektrische Reizung des m. sphincter ani externus
und der sphinkternahen Darmabschnitte 58

Elektrische Reizung des Dickdarms in 10 cm Darmtiefe 59

Elektrische Reizung des Dickdarms in 5 cm Darmtiefe 59

Elektrische Reizung des m. sphincter ani externus 59

Stimultane Registrierung von intraluminalem Druck
und Sphinkteraktivität 62

Kombinierte Stimulation mit Druck und elektrischem
Reiz 71

DISKUSSION

74

ZUSAMMENFASSUNG

76

Seite

LITERATUR

78

DANKSAGUNG

84

LEBENS LAUF

85

EINLEITUNG

Anders als in den angelsächsischen und skandinavischen Ländern hat bei uns die Elektromyographie nur zögernd Aufnahme in die klinischen Untersuchungsmethoden gefunden.

Um die Kontraktion eines Muskels bis hinab zur motorischen Einheit objektiv festzuhalten, gibt es nur eine Methode, die Elektromyographie.

Mit dem Elektromyographen registriert man extrazellulär die durch Depolarisation der Muskelfasermembran entstehenden Potentiale, wie sie im Normalfalle bei jeder Willkürinnervation, bei bestimmten pathologischen Veränderungen auch spontan auftritt (29).

Damit ergibt sich ein weites Feld für die Anwendung der Elektromyographie. Das ganze Ausmaß der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten ist noch nicht überschaubar.

Die Bedeutung der Analsphinktermuskulatur für die Kontinenz und Inkontinenz war lange Streitobjekt, besonders in der angelsächsischen Literatur.

Deshalb sei auf die physiologischen und anatomischen Gegebenheiten eingegangen, die bis dato beschrieben wurden.

Die Unterteilung der motorischen Einheit ("subunits") (6)

Die zur Ableitung der Aktionspotentiale verwendete konzentrische Nadelektrode ist wesentlich größer als der Durchmesser einer Muskelfaser. Es berühren 5-10 Muskelfasern den inneren Leiter und etwa 50 Fasern liegen innerhalb des Abstandes von 0,5 mm von der Elektrode und soweit sie aktiviert werden, tragen sie zu den abgeleiteten Aktionspotentialen bei.

Das Effektororgan, die motorische Vorderhornzelle, entspricht der motorischen Einheit, sie versorgt in den meisten Muskeln 500 - 2000 Fasern. Diese sind in einer motorischen Einheit in kleine Bündel von 1-30 Fasern gruppiert. Diese "Untereinheiten" liegen im Abstand von durchschnittlich 0,7 mm voneinander und der Zwischenraum ist von den "Untereinheiten" anderer motorische Einheiten ausgefüllt. So liegen "Untereinheiten" von 10-20 motorischen Einheiten im gleichen Muskelgebiet. Die konzentrische Nadelelektrode leitet also auch von den "Untereinheiten" einer motorischen Einheit ab.

Anatomie der Analregion des Hundes (19)

Der m. sphincter ani externus ist ein quergestreifter Muskel. Er umfaßt den Anus, bedeckt den m. sphincter ani internus außer in dessen kaudalem Abschnitt und liegt vorwiegend subcutan (Abb. 1).

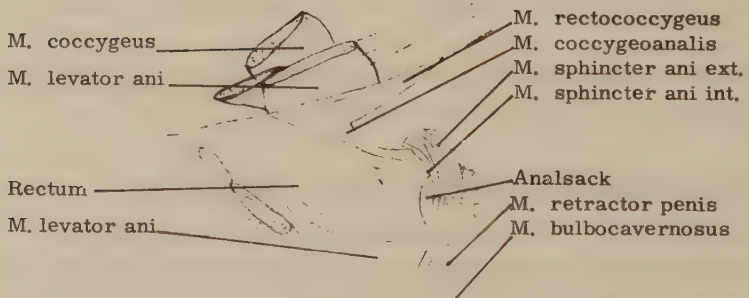


Abb. 1 Muskeln der Analregion des Hundes, lateraler Aspekt entnommen (19)

Physiologie und Vorgang der Defäkation (17, 27)

Der Verschluß des Enddarms geschieht durch die Analsphinktermuskulatur. Der m. sphincter ani internus wird sympathisch und parasympatisch innerviert. Bei Reizung des Parasympathikus erschlafft der Sphinkter unter gleichzeitiger Kontraktion des Enddarms. Bei Sympathikusreizung kontrahiert sich der Sphinkter mit gleichzeitiger Erschlaffung des Enddarms. Der m. sphincter ani externus wird durch den N. pudendus, einen gemischten somatischen Nerven, versorgt. Er unterliegt der Willkür wie alle quergestreiften Muskeln, degeneriert aber nach Durchschneidung seiner Nervenversorgung nicht.

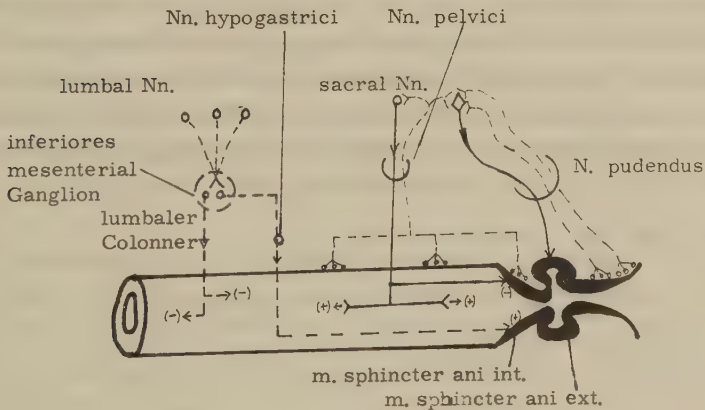


Abb. 2 Schematische Darstellung der Innervation des distalen Colon und Analkanals der Katze (27)

Das Rektum ist normalerweise leer. Die Wände sind in der Mittellinie flach aneinandergelegt. Die Verschiebung der Kotsäule in das Rektum durch eine Massenbewegung löst den Stuhl drang aus. Die afferenten Bahnen für diese Empfindung verlaufen in den Nn. pelvici. Die Defäkation erfolgt reflektorisch. Es kommt zur Kontraktion des gesamten Enddarms, die meist bis zur Mitte des Colon transversum sichtbar wird. Durch diese Kontraktion wird das Rektum hochgezogen und die Kotsäule durch den gleichzeitig erschlafften Sphinkter gepreßt. Die Kontraktion des Darmes bei der Defäkation wird unterstützt durch die gleichzeitige Erhöhung des intra-abdominellen Druckes. Das geschieht durch Anspannen der Bauchpresse und bei geschlossener Glottis. Dadurch wird das Zwerchfell in den Bauchraum gedrückt.

Die Möglichkeit der willkürlichen Verschiebung der Defäkation beruht nicht nur darauf, daß der äußere Sphinkter unter Willenseinfluß steht, sondern auch darin, daß die anderen Vorgänge des reflektorischen Ablaufs, insbesondere die Kontraktion des Enddarms, und die Erhöhung des intra-abdominellen Druckes in bestimmtem Umfange willkürlich gehemmt werden können. Das Nachlassen des Stuhl dranges bei nicht erfolgter Defäkation wird von einer Reihe von Autoren auf die Rückbeförderung der Kotsäule ins Sigmoid durch antiperistaltische Bewegungen zurückgeführt.

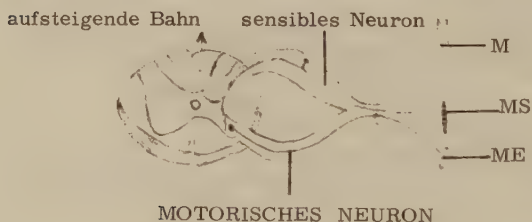


Abb. 3 Schematische Darstellung eines Eigenreflexbogens (17)

M = Arbeitsmuskulatur, MS = Muskelspindel,

ME = neuromuskuläre Endplatte

Der komplexe Mechanismus des Sphinkters wird einerseits durch spinale Reflexe gesteuert , anderseits im begrenzten Maße durch Willkürkontraktion beeinflusst.

Die Auslösung spinaler Reflexe kann durch mechanische, thermische, elektrische und möglicherweise auch durch chemische Reizung erfolgen. Dabei ist der Reizerfolg nicht nur von der Reizstärke sondern auch von der Lokalisation des Reizes im Dickdarm und im Analkanal abhängig.

Im folgenden soll die Beeinflußbarkeit des Sphinkterorgans durch mechanische, thermische und elektrische Reize im Rektum-, Sigma- und Analkanalbereich näher beobachtet werden.

Material und Methodik

Den folgenden Ausführungen liegt eine Studie über ein Jahr an 48 gesunden Hunden zugrunde. Es soll gezeigt werden , daß der m. sphincter ani externus durch physiologische Reizung des Dickdarms stimuliert werden kann. Besonderer Raum wird den möglichen Reizverfahren eingeräumt.

An den 48 Versuchstieren wurden 320 Messungen durchgeführt, ein Teil davon auf Fotopapier (Oscilloscript 2, P L , 3 x 35 mm x 15 mm , 43040030 , UCT 15 EI) (x) aufgezeichnet. Das Alter der Versuchstiere war zwischen einem und fünf Jahren , ihr Gewicht durchschnittlich 20 kg.

x Agfa - Gevaert

Vor Versuchsbeginn wurden dem Hund $5 \text{ cm}^3 = 0,125 \text{ g}$ Trapanal (x) i. v. injiziert , später wegen der muskelrelaxierenden Wirkung von Barbituraten $5 \text{ cm}^3 = 20 \text{ mg}$. Ketanest (xx).

Die Hunde lagen während des Versuches auf der linken Seite. Die Beine waren am Operationstisch fixiert. Der Schwanz des Tieres war frei beweglich , da jede Streckung oder Bewegung von außen Hyperaktivität der Sphinktermuskulatur vortäuscht.

Die Registrierung der Muskelkontraktion erfolgte durch Ableitung der Muskelaktionspotentiale mit Hilfe von Nadelelektroden (xxx). Die Aktionspotentiale wurden auf 35 mm Fotopapier mit einer kontinuierlichen Durchlaufstrecke von 10 m durch eine DISA-Kamera Typ 51C04-10 aufgezeichnet. Der häufigste Vorschub betrug 33 sec/m. Die Ableitung erfolgte mit konzentrischen Nadelelektroden über den DISA-2-Kanal-Elektromyographen Typ 14A20 (xxx).

Aufgezeichnet wurden die Aktionspotentiale bei gleichzeitigem Abhören des Tons und vorheriger Überprüfung und Beurteilung durch das Sichtgerät (xxx).

Wie aus der Anzahl der Versuchstiere und den durchgeführten Versuchen hervorgeht, wurden an einem Versuchstier mehrere Versuche durchgeführt.

Daraus ergibt sich , daß nicht für jeden Versuch exakt die gleichen Versuchsbedingungen vorlagen.

Jedoch waren wir darauf bedacht, durch Kombination der Versuche und Änderung der Reihenfolge eine möglichst objektive Übersicht zu erhalten.

x Promonta - Chemische Fabrik Promonta GmbH , 2000 Hamburg 26

xx Parke, Davis & Company , 8000 München 2

xxx DISA Elektronik A/S Herlev, Dänemark

Faktoren , die die Versuchsergebnisse zusätzlich beeinflußt haben könnten , sind : Unterschiedliche Narkosestadien , Versuchsdauer , Alter und Allgemeinzustand der Versuchstiere, Materialinkonstanz der Reizgeräte.

Natürlich wurde peinlich genau darauf geachtet, diese Faktoren so weit als möglich auszuschalten und die Versuchsbedingungen konstant zu halten. Es muß jedoch auf diese Möglichkeiten hingewiesen werden, da durch die erwähnten Faktoren der schablonenhafte Vergleich der einzelnen Versuche nicht sinnvoll ist.

Versuchsdurchführung

Alle Versuche werden auf eine bestehende Ruheaktivität (Abb. 4) bezogen. Die in den Muskel eingestochene konzentrische Nadelelektrode stellt, wenn Einstichtiefe und - winkel während der Messung nicht verändert werden , keine Reizquelle dar (26).

Die Ruheaktivität wird daher jeweils fünf Minuten nach Insertion abgenommen (3) . Diese Zeitspanne wurde bei jeder Neuinsertion berücksichtigt, da eine Plazierung der Reizgeräte ohne gleichzeitige Reizung des m. sphincter ani externus und des Dickdarms nicht möglich ist (26).

Dieser unerwünschte Nebeneffekt wurde durch vorsichtige Handhabung der Reizgeräte und Verwendung von Gleitmitteln so gering als möglich gehalten (Abb. 5).

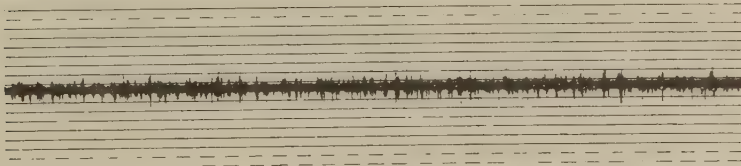


Abb. 4 Ruheaktivität Empf. = 300 uV, v = 33 sec/m
10 Min,nach Insertion



Abb. 5 Übergang Insertionsaktivität - Ruheaktivität
Empf. = 700 uV $v = 33 \text{ sec/m}$
Ableitung etwa 45 sec. nach Insertion

Als Reizgeräte wurden verwendet:

Der Miller-Abbott-Ballon (x) , der Folley Katheter (x) und
Reizelektroden (xx) (Abb. 8).

a) Miller-Abbott-Ballon

Mit 1 m Zuleitung ist er besonders für Druckreizung des Enddarms
geeignet, da er wegen seiner sehr dünnen und elastischen Zuleitung
einen geringen Zusatzreiz ausübt.

x Fa. Rüschi, Rommelshausen bei Stuttgart

xx DISA Elektronik A/S Herlev, Dänemark

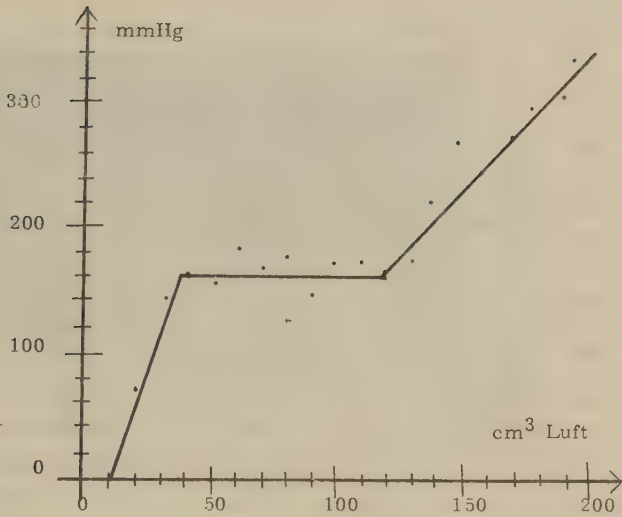


Abb. 6. Druck-Volumen-Kurve der Miller-Abbott-Sonde in der ampulla recti
Ordinate: intraluminal gemessener Druck in mmHg
Abszisse: eingepumpte Luft in cm³

b) Folley-Katheter = Darmrohr mit Ballon

Dieses Gerät ist zur Druckmessung und -reizung ungeeignet.
Die starre Zuleitung führt zur Reizung des Dickdarms und der
Analsphinkter und verfälscht somit das EMG.

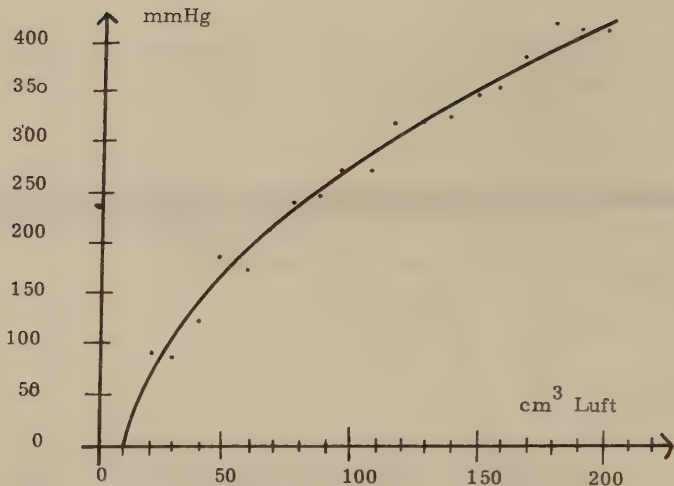


Abb. 7. Druckgrafik Darmrohr mit Ballon in der ampulla recti
Druck in mm Hg in Abhängigkeit von der Luftmenge in cm³

c) Reizelektroden

Zur Stimulation des Darms oder Analsphinkters müssen die Reizelektroden, um Fehldeutungen zu vermeiden, vor Versuchsbeginn auf ihre Durchgängigkeit geprüft werden, da die Reizpotentiale auf dem DISA-Sichtgerät keine Garantie für die Gebrauchsfähigkeit der Elektroden sind. Ebenso wie die Miller-Abbott-Sonde müssen auch die Reizelektroden, soweit man sie nicht palpatorisch plazieren kann, unter Sicht durch das Rektoskop in den Darm eingebracht werden (Abb. 13).



Abb. 8. Reizgeräte: Miller-Abbott-Ballon, Folley-Katheter und
Reizelektroden

Zusatzgeräte

Im ersten Teil der Druckversuche wurde der Druck im Miller-Abbott-Ballon durch Aufblasen mittels eines modifizierten Blutdruckmeßgerätes erzeugt (Abb. 12). Bei dieser Versuchsreihe war die gleichzeitige Aufzeichnung von EMG und Druck nicht möglich, deshalb wurde das Verfahren wie folgt modifiziert:

Der Druck im Ballon wird mit Wasser erzeugt und über ein Statham-element Model P 23 (x) auf dem Biotronik-Druckmesser (xx) dargestellt (Abb. 9). Von da wurden die Impulse auf den zweiten Kanal des DISA-Elektromyographen übertragen.

Dies bedeutet , daß der Druck und das EMG parallel zueinander auf dem Sichtgerät beobachtet und aufgezeichnet werden könnten.

x Statham Laboratories , INC. , Hato Rey, Puerto Rico 00919

xx Biotronex Laboratory, Inc. , Silver Spring , Md. 20910



Abb. 9. Biotronik-Druckmesser, Stathamelement mit Miller-Abbott-Ballon



Abb. 10. DISA-Elektromyograph

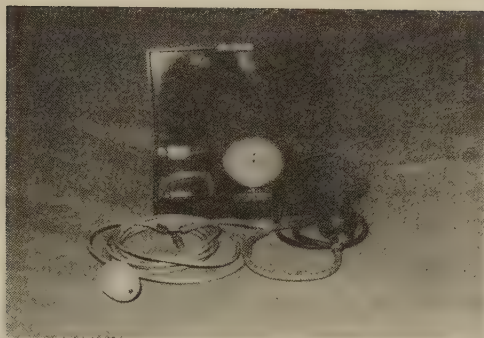


Abb. 11. Blutdruckmeßgerät mit Miller-Abbott-Ballon



Abb. 12. Rektoskop , Miller-Abbott-Ballon , Ableitelektrode
und Reizelektrode

Versuchsablauf

Bei allen Versuchen wurde die Ruheaktivität (1, 13, 22, 26) abgenommen und aufgezeichnet. Die nach dem Einführen der Reizinstrumente bestehende Aktivität des m. sphincter ani externus bezeichnen wir als Ausgangsaktivität, sie weicht bei vorsichtiger Versuchsdurchführung nicht oder nur unwesentlich von der Ruheaktivität ab.

Von den insgesamt 48 Versuchstieren wurde nur bei einem keine Ruheaktivität festgestellt. Auch durch Reizung konnte keine Aktivität ausgelöst werden. Bei drei Tieren war primär keine Ruheaktivität vorhanden, sie setzte aber bei Reizung ein und entsprach im weiteren Versuchsverlauf den Werten, die bei allen übrigen 44 Tieren registriert wurden.

a) Mechanische Reizung des Enddarms durch intraluminal ausgeübten Druck mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballons

Der Miller-Abbott-Ballon wird unter Palpation im Darm platziert. In größerer Höhe wird dazu ein Rektoskop verwendet, das anschließend sofort entfernt wird.

Die Zuleitung der Sonde ist über ein Y-Zwischenstück (Abb. 13) mit dem Manometer einerseits und dem Ballon andererseits verbunden (Abb. 11).

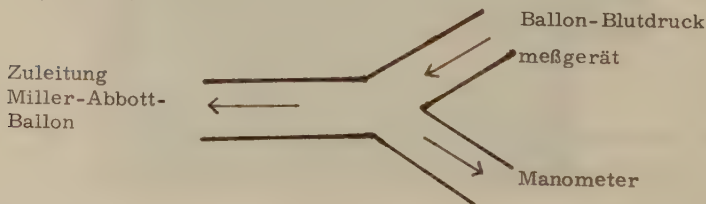


Abb. 13 Schematische Darstellung der Verbindung Blutdruckmeßgerät-Miller-Abbott-Ballon

Durch die mechanische Reizung des Darms , die beim Einführen des Ballons unvermeidlich ist, wird Hyperaktivität der Sphinktermuskulatur ausgelöst (26), die nach wenigen Sekunden bis zu einigen Minuten abklingt, so daß das EMG das gleiche Aktivitätsmuster zeigt wie fünf Minuten nach Insertion der Ableitelektroden , nämlich die Ausgangsaktivität. Dieser Sachverhalt wurde als Voraussetzung für einen sinnvollen Vergleich angesehen.

Der weitere Versuchsablauf wird auf dem Sichtgerät verfolgt oder auf Fotopapier aufgezeichnet unter gleichzeitiger akustischer Kontrolle der Aktivität.

1. Vom Ausgangswert , der bevorzugt 0 ist, wird der Druck im Ballon um einen vorher festgelegten Betrag erhöht, ansteigend bis zu dem Wert , bei dem das EMG des m. sphincter ani externus eine isoelektrische Linie darstellt.
2. Ausgehend von dem Druck , der eine isoelektrische Linie hervorruft, wird der Druck kontinuierlich oder in Raten reduziert bis zu dem Wert , bei dem die Muskelaktivität auf dem Myogramm sichtbar wieder einsetzt.

Die EMG-Aufzeichnung erfolgt während des ganzen Versuchs. Beurteilt werden die Dichte (Frequenz) und die Höhe (Spannung) der Spikes.

Abnorme Aktivitätsmuster finden keine Berücksichtigung.

Als Vorteile dieses Verfahrens sind die annähernd kontinuierliche Drucksteigerung und die absolut kontinuierliche Druckverminderung anzusehen. Nachteilig für die Beurteilung der Versuche ist die fehlende Druckregistrierung . Es ist deshalb unbedingt erforderlich, parallel zu jedem Versuch ein ausführliches Protokoll anzufertigen.

b) Mechanische Reizung des Enddarms durch intraluminal ausgeübten Druck mit Hilfe des Folley-Katheters

Die Versuchsdurchführung entspricht dem unter a) beschriebenen Versuch, nur wurde an Stelle der Miller-Abbott-Sonde ein Folley-Katheter verwendet. Auch bei diesem Verfahren kann der Druck nicht gleichzeitig mit dem EMG registriert werden.

Ballon und Darmrohr sind zu starr, so daß eine zu starke Reizung des Darms durch das Versuchsgerät besteht.

c) Intraluminaler Druckreiz ohne Ballon

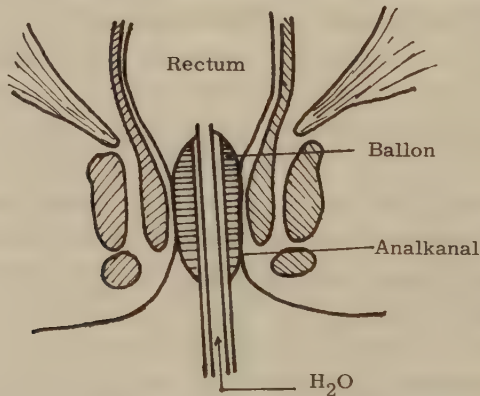


Abb. 14 Schematische Darstellung des Verschlussmechanismus
bei intraluminaler Druckmessung ohne Ballon (26)

Bei dieser Versuchsreihe wurde der Folley-Katheter zum Verschließen des Darms nach außen verwendet. Der Ballon wurde mit 50 cm^3 Luft gefüllt und verschlossen. Durch leichten Zug legt sich der Ballon so vor den After, daß der Enddarm weitgehend abgedichtet ist. Durch das Darmrohr wird nun Wasser direkt in das Darmlumen eingespritzt.

Vorteil :

Der erzeugte Druck wirkt auf einen weiteren Darmabschnitt, bei der Miller-Abbott-Sonde und dem Folley-Katheter nur etwa 8 cm.

Nachteil :

Durch den Druck im Ballon des Darmrohrs und den leichten Zug werden die Sphinkteraktionspotentiale vermindert. Andererseits bildet das starre Darmrohr eine zusätzliche Reizquelle, so das die Aktivitätsmuster nicht mit denen der anderen Druckversuche verglichen werden können, jedoch untereinander sehr wohl eine Aussage zulassen. Bei diesen Versuchen kann nicht der Druck direkt als Reizgröße angegeben werden, sondern die eingespritzte Wassermenge in cm^3 .

d) Kombinierte Reizung des Enddarms durch Druck und Zug (13, 26)

Die Kombination zweier Reizelemente ist bei dieser Versuchsreihe zu berücksichtigen. Zum einen der Druck, der während des ganzen Versuchs konstant gehalten wird, zum anderen der Zug am Sondenende, der nur so stark sein darf, daß sich der Ballon im Darm nicht bewegt. Dies ist leicht zu erreichen, da kleinere Schwankungen in der Zugeinwirkung durch die elastische Zuleitung der Miller-Abbott-Sonde aufgefangen werden. Als Reizezeptoren kommen also nur Zellen in unmittelbarer Nähe des immer an der gleichen Stelle befindlichen Ballons in Frage. Es ist naheliegend, daß Druckrezeptoren in diesem Versuch somit unter den Zellen zu suchen sind, denen der Ballon durch den aufgewendeten Druck anliegt. Rezeptoren, die auf Dehnung oder Stauchung reagieren, befinden sich am oberen und unteren Ende der Ballonstrecke, da überwiegend dort die Zugkräfte wirksam werden können, was natürlich nicht ausschließt, daß jede der genannten Zellen jeden Reiz übersetzen kann.

Wie erwähnt, wird auch für diesen Versuch die Miller-Abbott-Sonde verwendet, deren Ballon immer in einer Höhe von 15 cm plaziert wird.

e) Thermische Reizung des Enddarms

Im Aufbau ist dieser Versuch der unter c) beschriebenen Versuchsanordnung ähnlich. Der Ballon wird ebenso plaziert, um das Abfließen des eingespritzten Wassers zu verhindern. Durch das Darmrohr wird dann Wasser von verschiedener Temperatur ($0-39^{\circ}\text{C}$) in gleichbleibenden Mengen von 150 cm^3 eingespritzt. Gemessen und aufgezeichnet wird wiederum die Aktivitätsänderung im Vergleich zu einem Ausgangswert, der bei fortlaufender Aufzeichnung zum Vergleich der Aktivitätsmuster herangezogen werden muß.

Das auf die jeweilige Versuchstemperatur eingestellte Wasser wird durch das Darmrohr nicht in einen Ballon sondern direkt in das Darmlumen eingespritzt. Um Temperaturschwankungen zu vermeiden, wird die 100 cm^3 fassende Glasspritze mit angewärmt bzw. abgekühlt.

Bei diesem Versuch wurde besonders darauf geachtet, daß die Lage des Darmrohrs während der gesamten Versuchsdauer nicht verändert wurde. Ein Zusatzreiz kann wegen der zum Teil auftretenden Hyperaktivität als Reizfolge nicht genau erkannt werden und führt somit zu einer Fehldeutung des Reizeffektes.

f) Simultane Registrierung von intraluminalen Druck und Sphinkteraktivität

Diese Versuchsreihe wurde durchgeführt, da bei allen anderen Druckversuchen die parallele Aufzeichnung von Druck und Muskelaktivität nicht möglich war. Alle Versuchsdaten können direkt aus der Versuchsaufzeichnung entnommen werden.

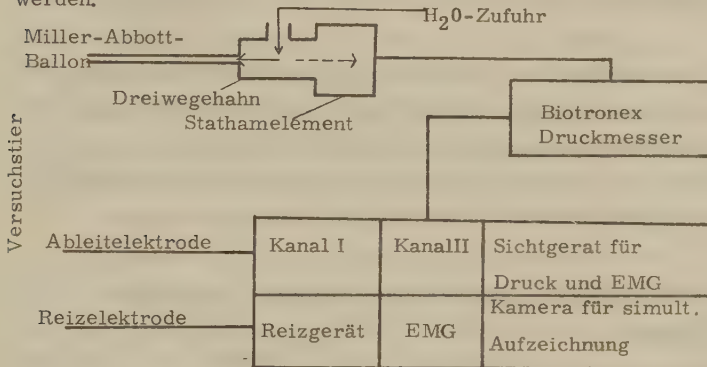


Abb. 15. Schematische Darstellung der Versuchsanordnung zum Versuch f)

Auch hier findet wiederum die Miller-Abbott-Sonde Verwendung. Die Zuleitung ist 1 m lang und über einen Dreiwegehahn mit dem zum Versuch verwendeten Sthamelement verbunden. Eine Stellung des Dreiwegehahns erlaubt es, Wasser in den Ballon einzuspritzen und somit den Druck zu erhöhen (Abb. 9, 15).

Stellung zwei überträgt den Druck vom Ballon auf das Sthamelement. Aus dieser Beschreibung folgt, daß während der Druckerhöhung keine Druckregistrierung möglich ist. Die aufgezeichneten Druckwerte während dieses nur eine sehr kurze Zeitspanne dauernden Vorgangs sind nur soweit zur Auswertung einer Aufzeichnung nützlich, als sie den Zeitraum, der für die Druckerhöhung nötig war, genau

kennzeichnen, nicht aber die Kontinuität des Druckanstiegs wiedergeben.

Die Druckspitzen im Diagramm entstehen dadurch, daß durch den hohen Widerstand der Ballonzuleitung der Druck im wasserzuführenden System sehr groß wird und davon ein gewisser Teil durch den geschlossenen Dreiwegehahn auf das empfindliche Meßgerät übertragen wird. Eine Druckstufe entspricht immer einer Volumenänderung von 20 bzw. 50 cm³.

Der Druck wird mittels des Stathamelements auf den Biotronik-Druckmesser übertragen. In Verbindung mit dem zweiten Kanal des DISA-Elektromyographen erlaubt dieser eine simultane, kontinuierliche Aufzeichnung von Druck und EMG. Beide Größen können darüberhinaus auf dem Sichtgerät kontrolliert werden.

g) Elektrische Reizung des Enddarms und des m. sphincter ani externus

Bei der elektrischem Stimulation des m. sphincter ani externus und des Dickdarms wurde besonders bei der direkten Stimulation des Muskels wurde darauf geachtet, daß der Reizstrom nicht von der Ableitelektrode aufgenommen wird und damit eine Aktivitätsänderung vortäuscht. Bei sonst dichtem Aktivitätsmuster des Ruhe-EMG's ist dies nicht ohne weiteres zu erkennen. Aus diesem Grund wurden die Spitzen der Ableit- und Reizelektroden je nach Spannung, mindestens jedoch 5 mm voneinander plaziert.

Da es überaus schwierig ist, die Reizelektroden in größerer Höhe des Dickdarms sicher zu plazieren, wurden alle Versuchsergebnisse überprüft, indem die Reizelektrode am labaratomierten Tier unter Sicht eingestochen wurden.

Dabei lag die Spitze der konzentrischen Nadelelektrode in der Muscularis.

VERSUCHSERGEBNISSE UND VERSUCHSAUSWERTUNG

1) Ruheaktivität

Untersuchungen am m. sphincter ani externus haben ergeben, daß sich dieser Muskel in einer Dauerkontraktion befindet. Der größte Teil der einschlägigen Literatur bestätigt dies (13, 22, 26). Eine Untersuchung von Allert M. L. an 32 Patienten ergab in über 40% der untersuchten Fälle keine Ruheaktivität, sondern eine isoelektrische Linie.

Von uns wurden etwa 320 Messungen der Ruheaktivität an 48 Versuchstieren durchgeführt. 44 Tiere zeigten Ruheaktivität von verschiedener Stärke , jedoch gleichbleibend bei ein und demselben Tier über die gesamte Versuchsdauer.

Bei drei Tieren setzte die Aktivität nach Einwirkung eines geringen mechanischen oder thermischen Reizes ein, blieb aber dann erhalten und konnte auch noch nach Stunden als Ruheaktivität abgeleitet werden.

Nur bei einem Versuchstier war in 10 aufeinanderfolgenden Versuchen, auch im Anschluß an elektrische, mechanische und thermische Reizung , keine Ruheaktivität abzuleiten.

Diese Ergebnisse scheinen zu bestätigen , daß eine Dauerkontraktion vorliegt.

Das Aktivitätsmuster der Ruheaktivität wurde als Kriterium dafür angesehen, daß der Enddarm von Reizen durch plazierte Reizgeräte oder physiologischerweise durch Kot frei war. Es entspricht der abgeleiteten Aktivität 5 Minuten nach der ersten Insertion. Sie weist in den meisten Fällen bei Empfindlichkeit von 300 - 500 μ V eine Spikedichte von 8 - 15 Spikes/cm und eine Spikehöhe von 3 - 8 mm , bei einer Registriergeschwindigkeit von $v = 33 \text{ sec/m}$ auf.

Deshalb wurde nach jedem Versuch und dessen Wiederholung oder vor Beginn eines anderen Versuches abgewartet werden, bis sich die ursprüngliche Ruheaktivität in Spikehöhe und -dichte wieder eingestellt hat, da nur so der Vergleich zweier Versuche möglich ist.

Als Maßstab für die Aktivitätsänderung nach Reizung des Dickdarms kann das Aktivitätsmuster nur indirekt verwendet werden. Direkt verwendbar ist die Ausgangsaktivität , d. h. das Aktivitätsmuster , das einige Minuten nach plazieren der Reizgeräte im Darm vorhanden ist. Dabei wurde die Registrierung unmittelbar nach einer Willkürkontraktion vermieden, da die darauf folgende Hyperaktivität noch einige Sekunden anhält und somit zu hohe Ausgangswerte für den Aktivitätsvergleich aufgezeichnet werden (Abb. 16).

Unter Willkürkontraktion verstehen wir in diesem Falle den Schließreflex und die darauf folgende elektrische Hyperaktivität.

Wird der Analkanal durch die Passage eines Reizgerätes oder bei der Defäkation durch Druck und Passage des Flatus gereizt, so kontrahiert sich die Beckenboden - und Sphinktermuskulatur nach der Passage ein oder mehrmals. Dieser Vorgang wird zum Teil zentral ausgelöst, zum Teil aber durch einen Reflexbogen gesteuert (27).

Für unsere Untersuchungen ist nur der Reflexbogen von Bedeutung da der zentrale Anteil durch die Anästhesie ausgeschaltet ist. Die Umkehrung davon (Willkürdekontraktion (1)) besteht beim Pressvorgang , der zur Defäkation nötig ist.

Diese Willkürkontraktion tritt bei Plazierung oder Entfernung der Reizgeräte , immer nach der Passage des m. sphincter ani externus einmal, in manchen Fällen zweimal auf.

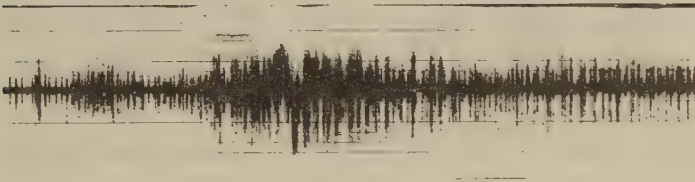


Abb. 16 Hyperaktivität nach Willkürkontraktion direkt nach
Passage des Reizgerätes

Eine genaue Zeitspanne für das Abklingen der Hyperaktivität bis zur Ausgangsaktivität kann nicht angegeben werden, da die Werte zwischen 2 Sekunden und 3 Minuten schwanken (Abb. 17)

Ebenso kann nach einer Willkürkontraktion die Muskelaktivität fast vollständig verschwinden und dann in Sekunden wieder auf die Werte der Ausgangsaktivität ansteigen.

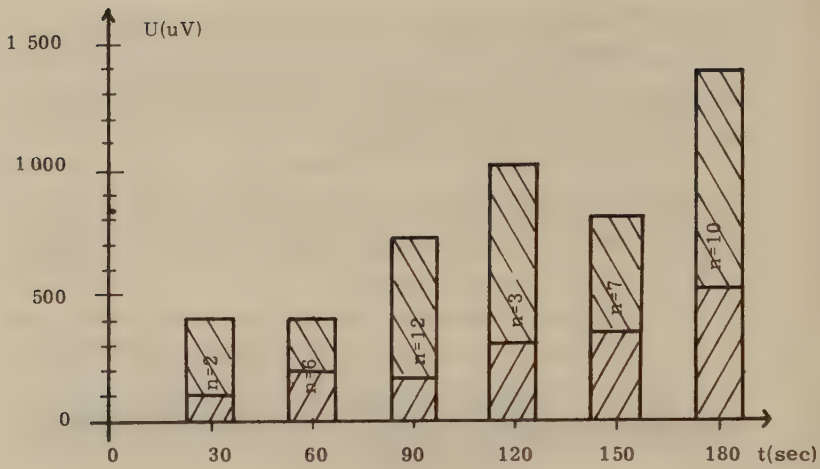


Abb. 17. Schematische Darstellung vom Übergang der Hyperaktivität bei Willkürkontraktion zur Ruheaktivität

n = Zahl der EMG's mit Hyperaktivität bei Willkürkontraktion

sec = Zeit in der die Hyperaktivität auf den Ausgangswert = Ruheaktivität zurückgegangen ist,



Ruheaktivität in uV



Hyperaktivität in uV

Ordinate: Aktivität(Spannung in uV)

2) Druckumschlagswerte und kontinuierliche Druckabnahme

Wird von der Ausgangsaktivität beginnend die Reizaktivität bei Druckerhöhung beurteilt, so findet man folgende Ergebnisse:

- a. Steigert man den Druck bei einem Erstversuch kontinuierlich, so nimmt in 60% der Fälle (= 26 Versuchstiere) die Aktivität bis zu einem Umschlagswert, der zwischen 250 und 300 mm Hg liegt , zu, um dann auf eine isoelektrische Linie zurückgeführt zu werden(Abb. 18 , 20).

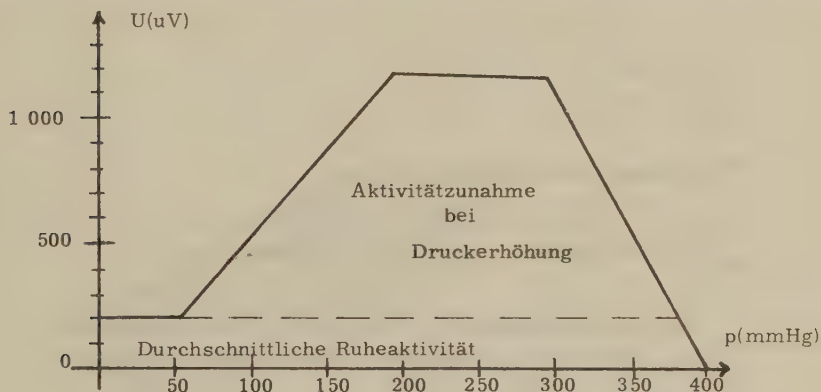


Abb. 18. Umschlagswert bei Erstversuchen

26 Versuchstiere zeigen im Erstversuch eine Aktivitätszunahme bis zu einem intraluminalem Druck von 250 - 300 mm Hg.

Ordinate : Aktivitätszunahme in Abhängigkeit von Druck

Abzisse : Druck in mm Hg

Unter Umschlagswert verstehen wir den Druck, der bei der ersten Druckerhöhung aufgewendet werden muß, um danach eine Aktivitätsabnahme zu erreichen. In den Folgeversuchen ist bei diesem Druck in den meisten Fällen bereits eine isoelektrische Linie erreicht.

b. Bei den restlichen 40% der Untersuchungen (= 17 Versuchstiere) nimmt die Aktivität proportional dem kontinuierlich erhöhten Druck ab (Abb. 19, 21).

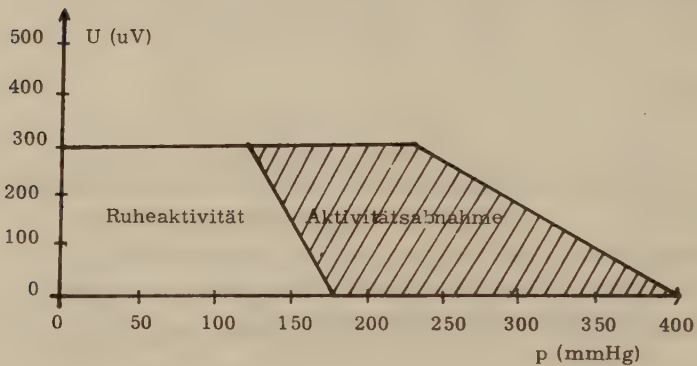


Abb. 21 Kontinuierliche Aktivitätsabnahme im Erstversuch

17 Versuchstiere zeigen im Erstversuch eine Aktivitätsabnahme bei intraluminaler Drucksteigerung.

Ordinate : Aktivität in Abhängigkeit von Druck

Abzisse : Druck in mm Hg

Ist bei a. der sogenannte Umschlagswert einmal überschritten, und wird der gleiche Versuch wiederholt, so genügt ein Druck von 100 - 150 mm Hg, um eine Verminderung der Sphinkteraktivität oder gar eine isoelektrische Linie hervorzurufen.

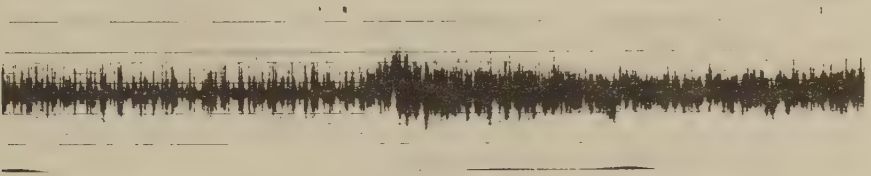


Abb. 20. EMG der Aktivitätssteigerung im Erstversuch

Ort der Reizeinwirkung = ampulla recti, Empf. = 300 uV

v = 30 sec/m , p = 150 mm Hg

Erstes Drittel des EMG's = Ausgangsaktivität.

Die restlichen zwei Drittel zeigen die Aktivitätssteigerung im Erstversuch bei einer intraluminalen Druckerhöhung von 40 auf 150 mm Hg.

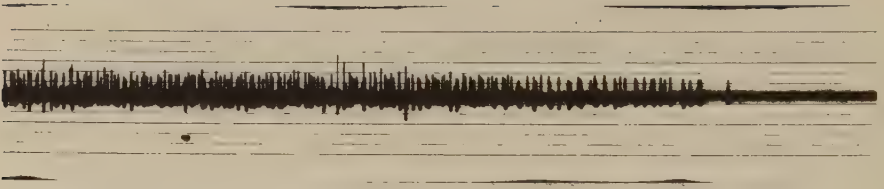


Abb. 21 EMG der Aktivitätsabnahme

Reizort = ampulla recti , Empf. = 100 μ V,

v = 30 sec/m , p = 300 mm Hg

Das EMG zeigt den Übergang der Ausgangsaktivität zur isoelektrischen Linie im Erstversuch bei einer intraluminalen Druckerhöhung von 0 auf 300 mm Hg

Die Messungen nach dem Verfahren a) eignen sich als Einzelwerte nicht zum Vergleich untereinander, deshalb wurden Versuchsreihen aufgestellt, die miteinander vergleichbar sind und Rückschlüsse auf die Abhängigkeit der elektrischen Aktivität des m. sphincter ani externus von Druckänderungen im Enddarm und Analkanal zulassen.

Tab. 1

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon.
Der Ballon ist von der Anocutanlinie 5 cm tief im Darm plziert.
Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empfindlichkeit</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	(Spikes/cm)	(uV)
100	0	13	70
	100	0	0
	0	20	70
100	Ruhe	11	80
	0	18	150
	100	5	30
300	Ruhe	9	210
300	0	17	330
700	200	19	350
70	250	mehr als 25	105
70	0	5	42
100	Ruhe	4	40
	0	13	150
	250	0	0
	0	15	50
200	0	10	
	200	3	
	0	12	

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 11.

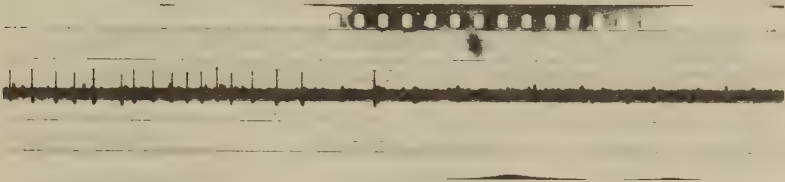
Bei zehn der angeführten Versuche ist eine Aktivitätsminderung eindeutig nachgewiesen. Nur in einem Fall ist auch bei einem Druck von 250 mm Hg noch keine Aktivitätsabnahme festzustellen (Tab. 1). Darüberhinaus zeigen die Ergebnisse, daß nach der durch Druckreiz ausgelösten Aktivitätsminderung die Ausgangsaktivität wieder erreicht oder sogar überschritten wird.

Tab. 2

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon. Der Ballon ist von der Anocutanlinie 10 cm tief im Darm plaziert. Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u>	<u>mittlere Spike</u>
(uV)	(mm Hg)	<u>Spikefrequenz</u>	<u>amplitude</u>
		(Spikes cm)	(uV)
100	0	14	60
	150	5	10
	0	13	50
700	0	9	280
	150	2	70
	0	10	560
200	0	10	
	200	4	
	0	15	
100	0	12	30
	250	4	10
	0	12	30
100	0	13	150
	150	20	100
	0	10	150

Die Gesamtzahl der in der Tab 2 wiedergegebenen Versuche ist 14.



Ausgangsaktivität I

Druck = 150 mm Hg

Abb. 22 EMG eines Druckversuches mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon in 10 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie.

Empf. = 100 μ V , v = 33 sec/m , p = 150 mm Hg

Die Versuchsreihe, bei der der Miller-Abbott-Ballon 10 cm tief im Darm plziert war, ergab folgende Ergebnisse:

1. Bei allen 14 Versuchen nahm die Spikeamplitude bei Druckerhöhung ab.
2. Bei 10 der 14 Versuche war auch gleichzeitig die Spikefrequenz vermindert.
3. Bei 4 Versuchen nahm zwar die Spikeamplitude ab, jedoch nahm gleichzeitig die Spikefrequenz zu.

Die gute Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse wird darauf zurückgeführt, daß bei einer Plazierung des Druckballons in 10 cm Darmtiefe eine direkte Stimulation des m. sphincter ani externus nicht mehr möglich ist, sondern die Potentialdifferenz allein von den Rezeptoren des Dickdarms gesteuert werden.

Tab. 3

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon.
Der Ballon ist von der Anocutanlinie 15 cm tief im Darm plaziert.
Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u>	<u>mittlere Spike</u>
(uV)	(mm Hg)	<u>Spikefrequenz</u>	<u>amplitude</u>
		(Spikes/cm)	(uV)
100	0	12	30
	150	0	0
	0	13	10
100	0	14	100
	150	5	50
	0	12	100
200	0	9	100
	200	2	60
	0	10	80
200	150	13	80
	0	14	120
300	0 mehr als	25	270
	40	18	270
	80	10	180
	140	0	0
	0 mehr als	25	90

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 17.

Die Versuchsergebnisse dieser Reihe sind ähnlich denen, die bei 10 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie gemessen wurden.

Bei allen Versuchen war bei Druckerhöhung sowohl eine Abnahme der Spikefrequenz als auch der Spikeamplitude festzustellen. Trat als Reizantwort eine isoelektrische Linie auf, so setzte, nachdem der Reiz weggenommen wurde, in allen Fällen spontan die Ausgangsaktivität wieder ein.

In 11 der 17 Versuche reichte ein Druck von 150 mm Hg nicht aus, um die Aktivität ganz auszuschalten.

Eine Besonderheit, die im Zusammenhang mit Druck beobachtet wurde, trat bei dieser Versuchsreihe auf. Nachdem ein Druck von 200 mm Hg erreicht war und die Sphinkteraktivität die dem Druckreiz entsprechende Aktivität erreicht hatte, zeigten sich in unregelmäßigen Abständen Aktivitätsbüschel (Abb. 23).

Die Ursache dafür kann nicht in Druckschwankungen liegen, da auch nach mehreren Minuten kontinuierlicher Reizeinwirkung und mehrmaliger Versuchswiederholung das gleiche Ergebnis gefunden wurde.

Ausgangs- I Druck = 200 mm Hg I Aktivitätsbüschel

Abb. 23 EMG mit Aktivitätsbüscheln bei Druckreizung mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon in 15 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie.

Empf. = 200 uV, $v = 33 \text{ sec/m}$, $p = 200 \text{ mm Hg}$

Tab. 4

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon.
Der Ballon ist von der Anocutanlinie 20 cm tief im Darm plaziert.
Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	(Spikes/cm)	(uV)
200	0	10	120
	150	2	60
	0	9	120
500	0	12	400
	200	8	100
	0	13	400
100	250	5	30
	0	14	130
100	150	10	40
	250	6	20
	150	11	40

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 12.

Tab. 5

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon.
Der Ballon ist von der Anocutanlinie 25 cm tief im Darm plaziert.
Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	(Spikes/cm)	(uV)
100	0	11	30
	250	0	0
	0	7	20
500	0	15	350
	200	8	100
	0	13	250

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 11.

Tab. 6

EMG's der Druckversuche mit Hilfe des Miller-Abbott-Ballon.
Der Ballon ist von der Anocutanlinie 30 cm tief im Darm plaziert.
Die Registriergeschwindigkeit ist bei allen Versuchen 33 sec/m.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	(Spikes/cm)	(uV)
100	0	14	70
	300	0	0
	0	7	30
100	0	5	30
	300	0	0
	0	6	30

Fortsetzung Tab. 6

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	(Spikes/cm)	(uV)
200	0 mehr als	25	160
	100	13	100
	70 mehr als	25	160
200	0 mehr als	25	300
	110	10	60
	20 mehr als	25	120

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 15.

Zusammenfassend kann man feststellen , daß die elektrische Aktivität des m. sphincter ani externus bei Druckerhöhung abnimmt (13, 22, 26, 27).

Vergleicht man die aufgewendeten Drücke , die in der Lage sind, eine Aktivitätsänderung hervorzurufen, so ergibt sich nach ihren Höchst- und Tiefstwerten, bezogen auf die jeweilige Darmtiefe, folgendes Bild : Tab. 7 , Abb. 24.

Tab. 7

Höchst-und Tiefstwerte von p, die eine Aktivitätsänderung hervorrufen.

<u>Darmtiefe von</u> <u>der Anocutanlinie</u> (cm)	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Empf.</u> (uV)	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u> (Spikes/cm)	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u> (uV)
5	min. 100	100	0	0
	max. 250	100	0	0
10	min. 150	100	4	10
	max. 250	100	3	10
15	min. 140	300	0	0
	max. 200	200	1	60
20	min. 150	200	2	60
	max. 250	500	1	150
25	min. 200	500	4	100
	max. 250	100	0	0
30	min. 100	200	3	100
	max. 300	100	0	0

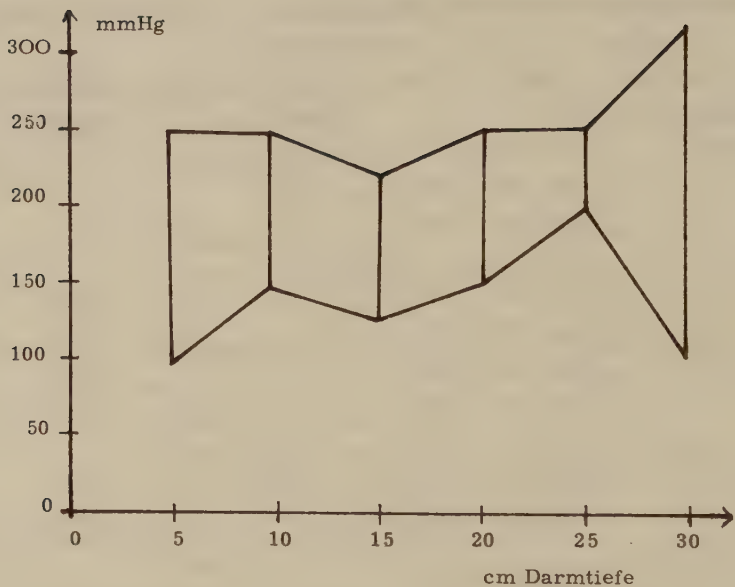


Abb. 24 Hemmung der elektrischen Aktivität des m. sphincter ani externus durch intraluminalen Druck (27). (Werte der Tab. 7).
 Ordinate: Druckbereich in mm Hg , der bei der dazugehörigen Darmtiefe hemmend wirkt.
 Abszisse: Darmtiefe in cm von der Anocutanlinie , bei der der Druckreiz wirksam ist.

In 60 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie mußte ein Druck von 400 mm Hg aufgewendet werden, bis eine deutliche Aktivitätsminderung eintrat. Berücksichtigt man , daß in 5 cm Darmtiefe die Sphinktermuskulatur mitstimuliert wird, so lassen die letzte Aufstellung und die Mehrzahl der Einzelwerte folgenden Schluß zu :

Das unabhängig von der Ausgangsaktivität der Druck , der eine isoelektrische Linie auslöst, umso höher sein muß , je tiefer sich der Druckballon im Darm befindet.

INTRALUMINALER DRUCKREIZ OHNE BALLON

Tab. 8

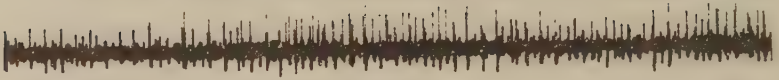
EMG 's bei intraluminalen Druckreiz ohne Ballon.

<u>Empf.</u>	<u>Volumen</u>	<u>durchschnittliche</u>	<u>mittlere Spike-</u>
(uV)	(cm ³ H ₂ O)	<u>Spikefrequenz</u>	<u>amplitude</u>
		(Spikes/cm)	(uV)
200	0 mehr als	25	240
	350	4	40
	0 mehr als	25	200

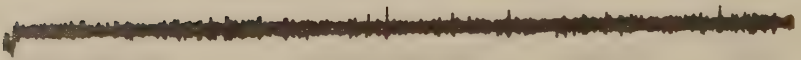
Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 9.

Diese Versuche zeigen , daß auch die Druckzunahme über eine größere Strecke des Darms eine Aktivitätsminderung des m. sphincter ani externus bewirkt.

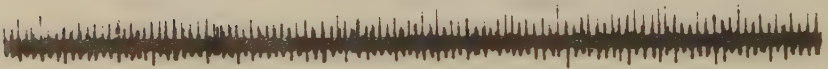
Eine direkte Reizwirkung der Flüssigkeit wird ausgeschlossen, da eine Füllmenge von 200 cm³ und eine Verweildauer im Darm bis zu 10 Minuten in mehreren Versuchen keine Aktivitätsänderung erbrachten. Für den direkten Druckversuch werden aber höchstens 4 Minuten benötigt.



Ausgangsaktivität



Volumen = 300 cm^3



Ausgangsaktivität

Abb. 25. EMG bei intraluminalen Druckreiz ohne Ballon.

Empf. = 200 uV , $v = 33 \text{ sec/m}$, $V = 300 \text{ cm}^3$

STIMULATION BEI KONTINUIERLICHER REIZUNG DURCH DRUCK UND ZUG

Alle Versuche dieser Reihe wurden bei einer Ballonhöhe in Darm von 15 cm von der Anocutanlinie durchgeführt, da die Vorversuche in anderen Darmhöhen die gleichen oder sehr ähnliche Werte erbrachten.

Tab. 9

EMG's bei kontinuierlicher Reizung durch Druck und Zug.

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>Zug</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	-	(Spikes/cm)	(uV)
300	0	mehr als	25	480
	100		18	180
	100	+	6	90
	100		20	300
300	0	mehr als	25	360
	70		21	210
	70	+	3	90
	70		16	240
200	50		19	100
	50	+	4	40
	50		22	100
200	30		17	100
	30	+	2	20
	30		19	120

Fortsetzung Tab. 9

<u>Empf.</u>	<u>Druck</u>	<u>Zug</u>	<u>durchschnittliche</u> <u>Spikefrequenz</u>	<u>mittlere Spike-</u> <u>amplitude</u>
(uV)	(mm Hg)	-	(Spikes/cm)	(uV)
200	10	-	20	80
	10	+	7	20
	10		18	80
700	0		20	1260
	0	+	17	350
	0		18	1330
200	100		22	300
	100	+	5	60
	100		12	200
200	150		17	300
	150	+	2	60
	150		18	300
100	0		22	60
	100		20	40
	100	+	5	20
	0		19	40
100	25	mehr als	25	150
	25	+	4	20
	25	+	9	50
	0		18	150

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 50.

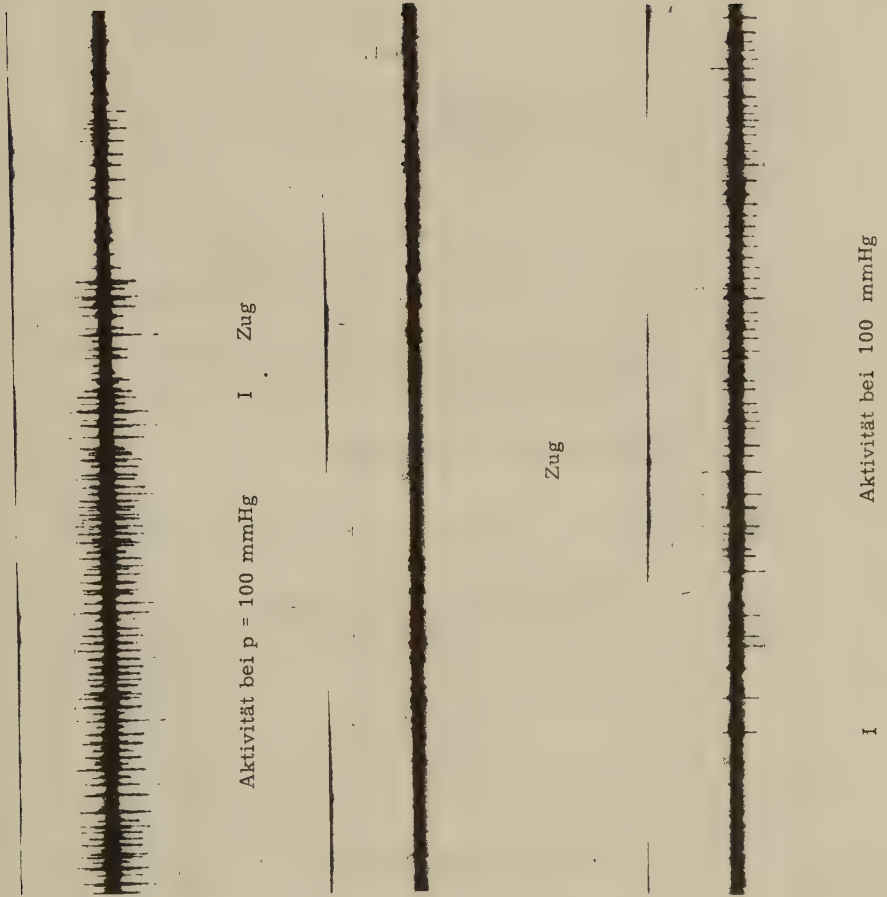


Abb. 26. EMG bei kontinuierlicher Reizung durch Druck und Zug
Empf. = 200 uV, $v = 33 \text{ sec/m}$,
 $p = 100 \text{ mm Hg} - \text{Zug} - 100 \text{ mm Hg}$

Wie aus der Versuchstabellen und dem Myogrammen hervorgeht, ist für die Aktivitätsminderung dieser Reihe weniger der Druck als der Zugreiz verantwortlich.

Im Vergleich mit den vorausgegangenen Druckversuchen ist Zug ein relativ stärkerer Reiz als Druck, bezogen auf seine Hemmwirkung auf den m. sphincter ani externus. Jedoch war es in keinem der untersuchten Fälle möglich durch Zug eine isoelektrische Linie, d. h. eine vollständige Aktivitätsausschaltung hervorzurufen.

Porter N. H. hat diese aktivitätshemmende Wirkung des Zuges auf den m. sphincter ani externus ausgelöst durch Beugung des palpierenden Fingers im Analkanal und Zug in Richtung Anus.

THERMISCHE REIZUNG DES ENDDARMES

Tab. 10

EMG 's bei thermische Reizung des Enddarms

<u>Empf.</u>	<u>Temperatur</u>	<u>durchschnittliche</u>	<u>mittlere Spike-</u>
(uV)	(° C)	<u>Spikefrequenz</u>	<u>amplitude</u>
200		(Spikes/ cm)	(uV)
		12	200
	37	21	340
200		6	60
	30	6	140
200		5	160
	20	12	240

Fortsetzung Tab.10

<u>Empf.</u>	<u>Temperatur</u>	<u>durchschnittliche</u>	<u>mittlere Spike-</u>
(uV)	(° C)	<u>Spikefrequenz</u>	<u>amplitude</u>
		(Spikes/cm)	(uV)
200		3	200
	10	18	300
200		6	100
	0-37	mehr als 25	100
200		7	100
	37-0	mehr als 25	100

Gesamtzahl der in der Tab. wiedergegebenen Versuche 35.

Wurden zwei oder mehrere Versuche an einem Versuchstier durchgeführt , so liegen zwischen den Versuchen 15 Minuten Pause.

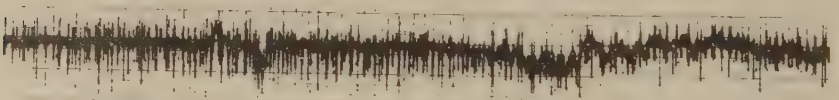
Bei den insgesamt 35 Temperaturversuchen wurde in 25 EMG's eine Zunahme der Spikeamplitude registriert. Bemerkenswert erscheint , daß bei extremen Temperaturschwankungen (Versuch 6 und 7) keine Änderung der Spikeamplitude , jedoch eine extreme Zunahme der Spikefrequenz , beobachtet werden konnte (Tab. 10).

Die Spikefrequenz nahm in 30 der insgesamt 35 Versuche zu.
Sie blieb aus oder war nicht meßbar bei 30°C.

Das Myogramm zeigt 3-15 Minuten nach Wegnahme des Reizes die Ausgangsaktivität. Es nimmt erst die Spikeamplitude und im Anschluß daran die Spikefrequenz ab, und zwar umso langsamer, je niedriger die Reiztemperatur war (Abb. 27, 28).



Ausgangsaktivität



Aktivität nach thermischen Reiz



Aktivität nach Reizwegnahme



Abb. 27. EMG bei thermischer Reizung des Enddarms (10°C)

Empf. = 200 μV , $v = 33 \text{ sec/m}$, $V = 150 \text{ cm}^3$, $T = 10^{\circ}\text{C}$

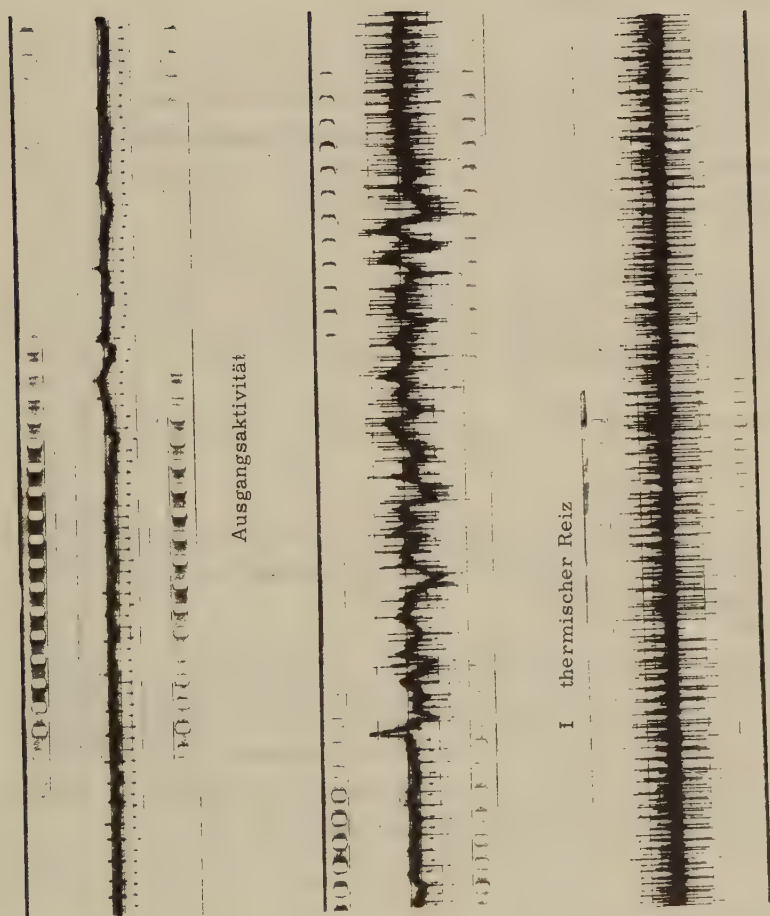


Abb. 28. EMG bei thermischer Reizung des Enddarms (0°C)
 Empf. = 200 μV , $v = 33 \text{ sec/m}$, $V = 200 \text{ cm}^3$, $T = 0^{\circ}\text{C}$

LANGZEITMESSUNGEN

Um die Aktivität des m. sphincter ani externus über längere Zeit beobachten zu können, wurden Langzeitversuche durchgeführt. Der Miller-Abbott-Ballon wurde, in eine bestimmten Darmhöhe plaziert. Ein vorher festgelegter Druck, der über die ganze Versuchsdauer konstant blieb, wurde angelegt.

Der Langzeitversuch soll als Ergänzung zu den Druckversuchen verstanden werden und simuliert die Defäkation. In den 20 durchgeführten Versuchen kamen wir zu folgendem Ergebnis:

- 1) Der Ballon wird umso rascher ausgetrieben, je höher der Druck ist.
- 2) Die Austreibungsgeschwindigkeit ist von 60 cm Darmtiefe bis zur Ampulle nahezu konstant und beträgt pro cm etwa 30 sec., unabhängig vom Druck.
- 3) Erst in der Ampulle beeinflußt der Druck entscheidend die tatsächliche Austreibungszeit. Sie ist umso kürzer je höher der Druck ist, denn der Druck entscheidet über die Zeitspanne vom Eintritt des Ballons in die Ampulle an bis zur völligen Erschlaffung des m. sphincter ani externus. Im EMG gleichbedeutend mit der isoelektrischen Linie.

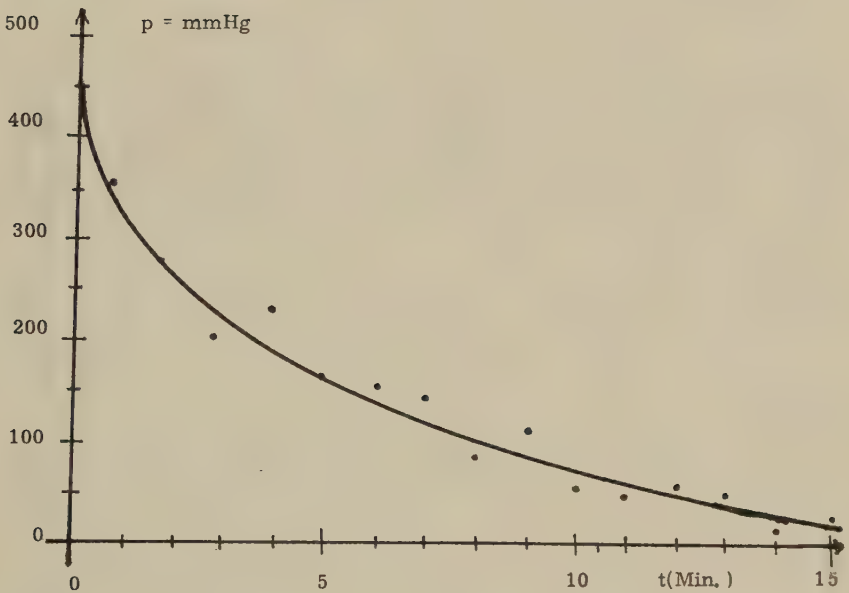


Abb. 29. Langzeitmessungen (simulierte Defäkation)

Ordinate: p (mm Hg) = Druck der in der Ampulle vor der Austreibung wirksam ist.

Abszisse: t (Min.) = Zeit der Austreibung in Abhängigkeit von p .

Tab. 11

Elektrische Reizung des Dickdarms in 30 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie.

<u>Empf.</u>	<u>Train</u>	<u>Impuls- folge</u> (sec.)	<u>Spannung</u> (V)	<u>Impuls- dauer</u> (m sec.)	<u>Train</u> dauer (m sec.)	<u>Aktivität</u>
(uV)						
70	+	0,4	0,5	0,5	1000	Ausgangs. unverändert
70	+	1	0,5	0,5	1000	Ausgangs. unverändert
70	+	0,1	0,5	0,5	1000	Ausgangs. unverändert
70	+	0,1	5	0,5	1000	Ausgangs. unverändert
70	+	0,5	5	0,5	1000	Ausgangs. zunehmend
70	+	1	5	0,5	1000	Ausgangs. zunehmend
70	+	0,1	50	0,5	1000	Ausgangs. unverändert

<u>Empf.</u>	<u>Train</u>	<u>Impuls- folge</u> (sec.)	<u>Spannung</u>	<u>Impuls- dauer</u> (m sec.)	<u>Train</u> <u>dauer</u> (m sec.)	<u>Aktivität</u>
(uV)			(V)			
70	+	0,5	50	0,5	1000	Ausgangs. unverändert
70	+	1	50	0,5	1000	Ausgangs. zunehmend

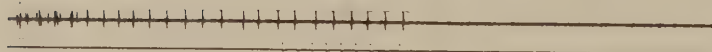
Tab. 12

Elektrische Reizung des Dickdarms in 20 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie.

500	+	1	0,5	2	1000	Ausgangs. iso. el. L. nach 20 T.
500	+	1	5	2	1000	Ausgangs. iso. el. L. nach 4 T.
500	+	1	50	2	1000	Ausgangs. iso. el. L. nach 4 T.



Ausgangsaktivität



isoelektrische Linie

Abb. 30. EMG bei elektrischer Reizung des Dickdarms in 20 cm Darmtiefe von der Anocutanlinie.

Empf. = 500 μ V , v = 33 sec/m , U = 5 V , Impulsfolge = 1 sec.

Impulsdauer = 2 m sec. , Trainedauer = 1 sec.

Die ersten Versuche , durchgeführt in der Darmtiefe von 30 cm, von der Anocutanlinie zeigten nur in drei der verschiedenen Reiz-anordnungen eine Aktivitätsänderung . Jeder Versuch wurde 7-10 mal wiederholt und davon fielen nur schätzungsweise 60% der als positiv angegebenen Versuche abermals positiv aus (Tab. 11).

Bei der in 20 cm Darmtiefe durchgeführten Reihe waren bei durchschnittlich siebenmaliger Wiederholung schätzungsweise 65% positiv, dabei schwankte die Trainzahl , die mindestens erforderlich ist, um eine Aktivitätsänderung auszulösen, zwischen 3 und 24 (Tab. 12).

Diese Werte erlauben es nicht, eine eindeutige Aussage über die Reizwirkung des elektrischen Stroms in tieferen Darmabschnitten zu machen. Die von uns ermittelten Einzelwerte weichen zu stark voneinander ab, und sind im Einzelfall nicht ohne weiteres reproduzierbar.

Elektrische Reizung des m. sphincter ani externus und der sphinkternahen Darmabschnitte

Wesentlich aussagekräftiger sind die Versuche mit elektrischem Strom in sphinkternahen Darmabschnitten und am m. sphincter ani externus selbst. Dazu nachfolgende Übersicht : (Tab. 13, 14, 15).

Tab. 13

Elektrische Reizung des Dickdarms in 10 cm Darmtiefe (22 Versuche).

<u>Empf.</u>	<u>Train</u>	<u>Impuls- folge</u>	<u>Spannung</u>	<u>Impuls- dauer</u>	<u>Train- dauer</u>	<u>Aktivität</u>
(uV)		(sec.)	(V)	(m sec.)	(m sec.)	
150						
	3	1	0, 5	2	1000	Ausgangs.
	3	1	5	2	1000	"
	3	1	50	2	1000	"
	18	1	50	2	1000	vermindert

Tab. 14

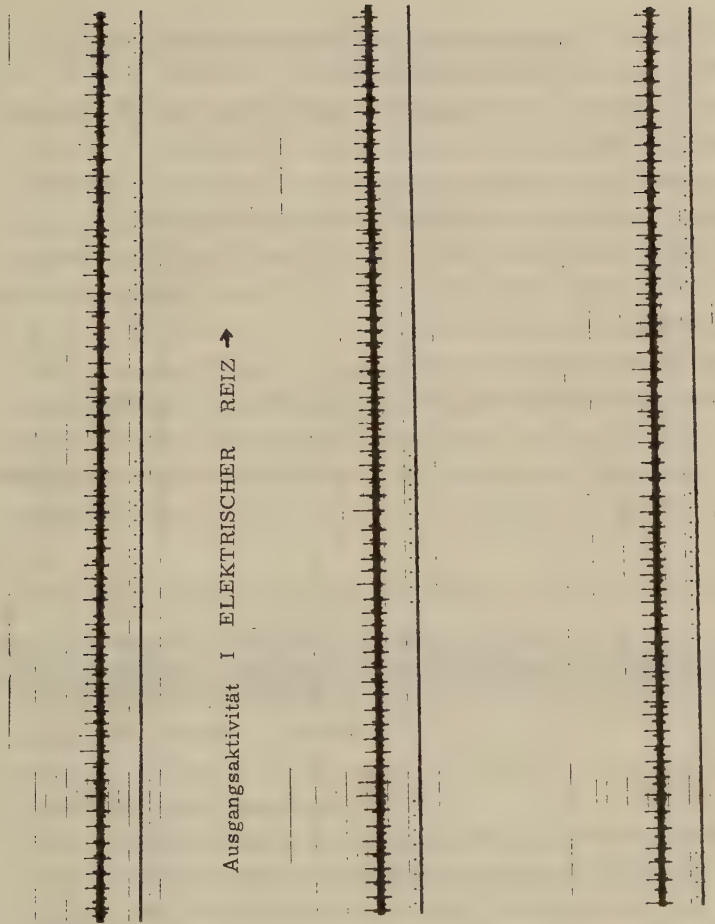
Elektrische Reizung des Dickdarms in 5 cm Darmtiefe (24 Versuche).

<u>Empf.</u>	<u>Train</u>	<u>Impuls- folge</u>	<u>Spannung</u>	<u>Impuls- dauer</u>	<u>Train- dauer</u>	<u>Aktivität</u>
(uV)		(sec.)	(V)	(m sec.)	(m sec.)	
200						
	3	1	0, 5	2	1000	Ausgangs.
	3	1	5	2	1000	"
	3	1	50	2	1000	"
	17	1	50	2	1000	vermindert

Tab. 15

Elektrische Reizung des m. sphinkter ani externus (24 Versuche).

<u>Empf.</u>	<u>Train</u>	<u>Impuls- folge</u>	<u>Spannung</u>	<u>Impuls- dauer</u>	<u>Train- dauer</u>	<u>Aktivität</u>
(uV)		(sec.)	(V)	(m sec.)	(m sec.)	
150						
	10	1	0, 5	2	1000	Ausgangs.
	10	1	5	2	1000	"
	10	1	50	2	1000	"
	30	1	50	2	1000	"



Der Reiz bewirkt keine deutliche Aktivitätsänderung

Abb. 31. EMG elektrische Reizung des m. sphincter ani externus
Empf. " 150 μ V, v = 33 sec/m, U = 5V , Impulsfolge = 1 sec.
Impulsdauer = 2 m sec. , Traindauer = 1 sec.

Der elektrische Reiz an sphinkternahen Darmabschnitten scheint bei öfterer Wiederholung die Sphinkteraktivität zu reduzieren (Tab. 13, 14). Die gefundenen positiven Reizergebnisse sind in über 80% = 46 Versuchen bestätigt worden.

Wird jedoch der m. sphincter ani externus direkt gereizt, so hat dies keinen Einfluß auf die Daueraktivität des Muskels (Abb. 31).

Spannungen bis 20 Volt am Muskel selbst bringen keine erkennbaren Veränderungen des EMG's, 50 und mehr Volt jedoch bewirken unabhängig von den sonstigen Reizparametern Spikes in der Ableitung, die der Spannung proportional sind (Abb. 32).

Die Ausgangsaktivität wird dadurch nur insofern verändert, als zu der normalen Aktivität die der Impulszahl entsprechende Anzahl von Spikes hinzugefügt wird, die auch in ihrer Höhe der Spannung proportional sind. Die Ausgangsaktivität bleibt anscheinend unverändert (Abb. 32).

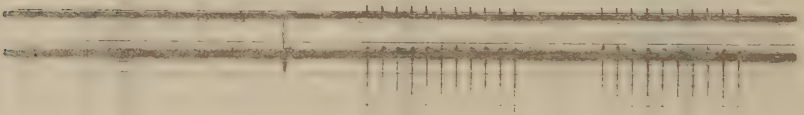


Abb. 32 EMG elektrische Reizung des m. sphincter ani externus.

Ausgangsaktivität ist annähernd 0. Nur die Reizpotentiale kommen in gleicher Frequenz als Spikes durch, die Ausgangsaktivität ist unverändert.

Empf. = 200 μ V, v = 33 sec/m, U = 100 Volt, Impulsfolge = 1 sec.

Impulsdauer = 0,05 sec., Trindauer = 1 sec.

Elektrische Reizung sphinkternaher Darmabschnitte

Bei Reizung des sphinkternahen Dickdarms konnten wir in 46 Versuchen = 80% eine Aktivitätsminderung nach mindestens 15 Trainees feststellen (Tab. 13, 14). Jedoch war dieser Effekt durch keine Reizvariation über einen bestimmten Wert hinaus zu verstärken, was die verbleibende Restaktivität der dargestellten Versuche bestätigt (tab. 13, 14).

Die Ergebnisse der Tab. 15 stehen nicht im Widerspruch zu der Beschreibung der Ruheaktivität des m. sphincter ani externus, da in die Tab. 15 Spikes als Reizantwort, die in ihrer Zahl von den Parametern Impulsfolge und Impulsdauer abhängig sind, nicht eingehen können.

Simultane Registrierung von intraluminalen Druck und Sphinkteraktivität

Dem Versuch soll ein Diagramm vorangestellt werden, das die auf die Darmwand tatsächlich wirkenden Drücke, entsprechend der eingespritzten Volumina, verdeutlicht.

Gemessen und aufgezeichnet werden die Drücke, die auf den Darm und auf die Ballonwand ausgeübt werden.

Druckwerte, die einer gewissen Füllmenge des auf einer Unterlage frei liegenden Ballons entsprechen, werden als "Aussendruck" bezeichnet.

Im Darmlumen gemessene Drücke bei einer definierten Füllmenge heißen "Innendruck".

Die Differenz beider ist der tatsächliche auf die Darmwand wirkende Druck.

In der nachfolgenden Tab. 16 ist immer, wenn nicht ausdrücklich eine andere Meßgröße angegeben wird, von "Innendruck" die Rede, da auch alle Aufzeichnungen ausschließlich diese Werte wiedergeben.

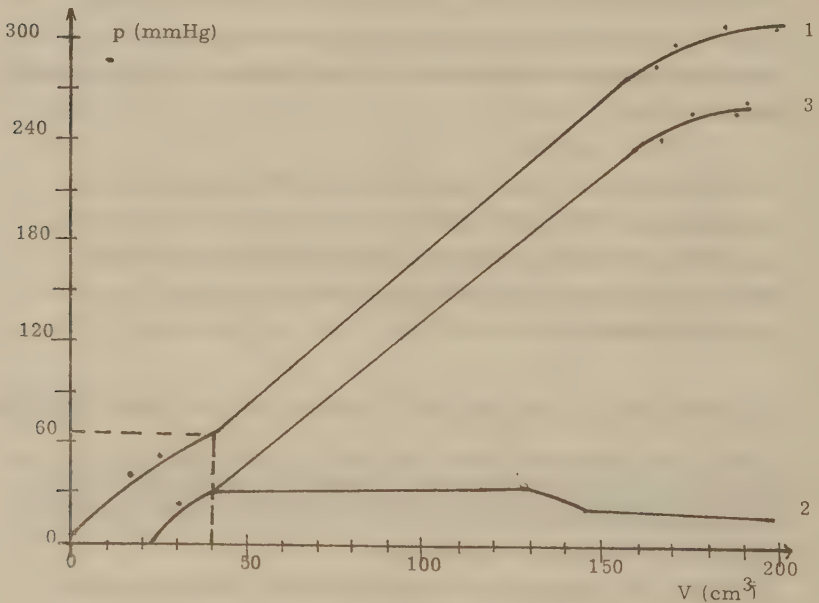


Abb. 33 Druckwerte des Miller-Abbott-Ballon

- 1 ----- Innendruck = intraluminal gemessener Druck
in Abhängigkeit von der Füllmenge
- 2 ----- Aussendruck = Ballonwandwiderstand in Ab-
hängigkeit von der Füllmenge
- 3 ----- wirksamer Druck = auf die Darmwand wirkender
Druck (Innendruck - Aussendruck)

[] Vorspannbereich

Tab. 16

Simultane Registrierung von intraluminalen Druck und Sphinkteraktivität

<u>Darmtiefe</u> (cm)	<u>Empf.</u> (uV)	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>
30	300	0	Ausgangs.	240	0	0	gesteigert
30	200	0	"	100	vermindert 20	20	"
30	500	0	"	200	verm.	0	0
30	100	0	"	200	0	0	0
30	200	0	"	240	0	30	gesteigert
30	200	0	"	210	0	30	"
30	200	0	"	140	verm.	60	"
25	200	0	"	100	0	0	gesteigert
25	100	0	"	150	0	100	"
25	100	0	"	100	0	50	"
25	100	0	"	150			
20	300	0	"	80	verm.	140	0
20	200	0	"	100	0	0	gesteigert
20	100	0	"	80	verm.	30	"
20	200	0	"	100	"		
20	100	0	"	100	"	0	Ausgangs.

Fortsetzung Tab. 16

<u>Darmtiefe</u> (cm)	<u>Empf.</u> (uV)	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>	<u>Druck</u> (mm Hg)	<u>Aktivität</u>
15	300	0	Ausgangs.	80	0	20	gesteigert
15	200	0	"	100	0	70	"
Ampulle	100	0	"	150	0	70	gesteigert
"	100	0	"	80	verm.	0	0
"	200	0	"	140	0	20	gesteigert
"	100	0	"	150	0		

Entsprechend den bereits beschriebenen Versuchen bestätigte sich auch bei dieser Versuchsreihe die Feststellung, daß es prinzipiell möglich ist, die Aktivität des m. sphincter ani externus durch Druck im Dickdarm zu mindern und bei hohen Drücken ganz auszuschalten. Der physiologischerweise intrarectal auftretende Druck ist in Ruhe 20 - 25 mm Hg, kurz vor der Defäkation erreicht es Werte von 100 - 200 mm Hg (27).

Betrachtet man Sphinkteraktivität als Funktion des Druckes im dazugehörigen Darmabschnitt, so entsteht der Eindruck, daß es außer in der Ampulle umso höherer Drücke bedarf, um eine isoelektrische Linie auszulösen, je weiter die Reizstelle von der abgeleiteten Sphinktermuskulatur entfernt ist.

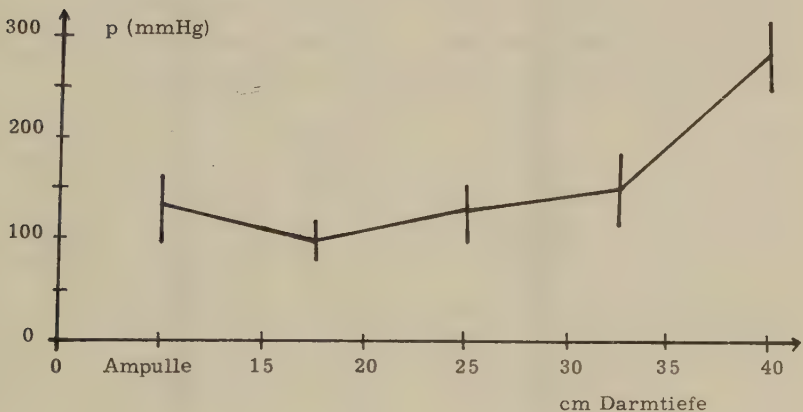


Abb. 34 Hemmung der elektrischen Aktivität des m. sphincter ani externus durch intraluminalen Druck (27). (Werte der Tab. 16).
Ordinate: Druckbereich, der hemmend wirkt.
Abszisse: Darmtiefe in cm von der Anocutanlinie bei der der Druckreiz wirksam ist.

Wie bereits erwähnt, ist es bei dem angewendeten Verfahren nicht möglich, den Druck kontinuierlich zu erhöhen.

Bei der stufenweisen Erhöhung fiel auf, daß im Bereich kurz nach der Vorspannung (siehe Abb. 34 Druckkurven) eine Hyperaktivität auftritt, die jedoch in sehr kurzer Zeit wieder nachläßt (Abb. 35). 60% = 30 der durchgeführten Versuche bestätigen diese Feststellung.

Zur nachfolgenden Dokumentation wurde das EMG eines Versuchstieres mit geringer Ausgangsaktivität gewählt, um dieses Phänomen deutlich hervorzuheben.

Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese Hyperaktivität nicht durch einen geringen Zusatzreiz von wenigen cm^3 Wasser, ausgehend vom Vorspannvolumen, erreicht wird, sondern eines zusätzlichen Reizvolumens von mindestens 20 cm^3 bedarf.

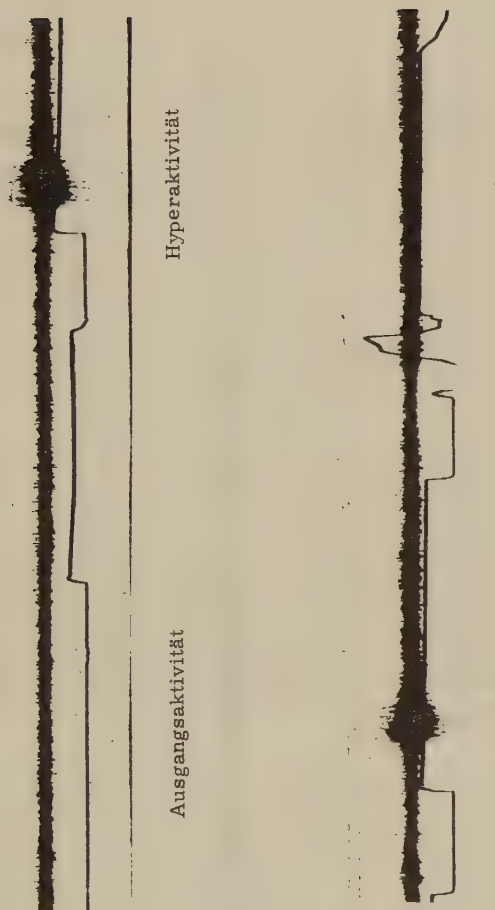


Abb. 35. EMG: Hyperaktivität bei intraluminaler Druckerhöhung
im Vorspannbereich (siehe Abb. 33).

Die Annahme einer relativ groben Reizschwelle bestätigt folgender Zusatzversuch:

Beschickt man einen Druckballon, der der Darmwand anliegt, jedoch keinen Druck auf sie ausübt, also im Vorspannbereich, langsam mit weiteren 20 cm^3 Wasser so setzt die Sphinkteraktivität entweder gar nicht (etwa 70%) oder nur sehr zögernd (etwa 30%) aus. Anders jedoch, wenn der Druck schnell erhöht wird (Abb. 36).

Man erreicht dadurch in der Aufzeichnung eine Druckspitze, die in dieser Höhe nicht reell im Darm auftritt, sondern durch die Zuleitung des Miller-Abbott-Ballons hervorgerufen wird (siehe S. 25).

Im Darm wird nur der Druckanstieg beschleunigt und zwar während der Druckerhöhung kontinuierlich.

Die Aktivität des m. sphincter ani externus setzt wesentlich rascher aus, und zwar in 70% = 21 der angestellten Versuche bereits bevor die optische Druckspitze erreicht ist, d. h., daß bei höherer Zufuhrgeschwindigkeit mit weniger Volumen in kürzerer Zeit und mit größerer Sicherheit in niedrigen Druckbereichen vorübergehend eine isoelektrische Linie ausgelöst werden kann.

Folgerung: der Reizerfolg hängt 1. von der Druckänderung und
2. von der Zeit in dies geschieht ab.

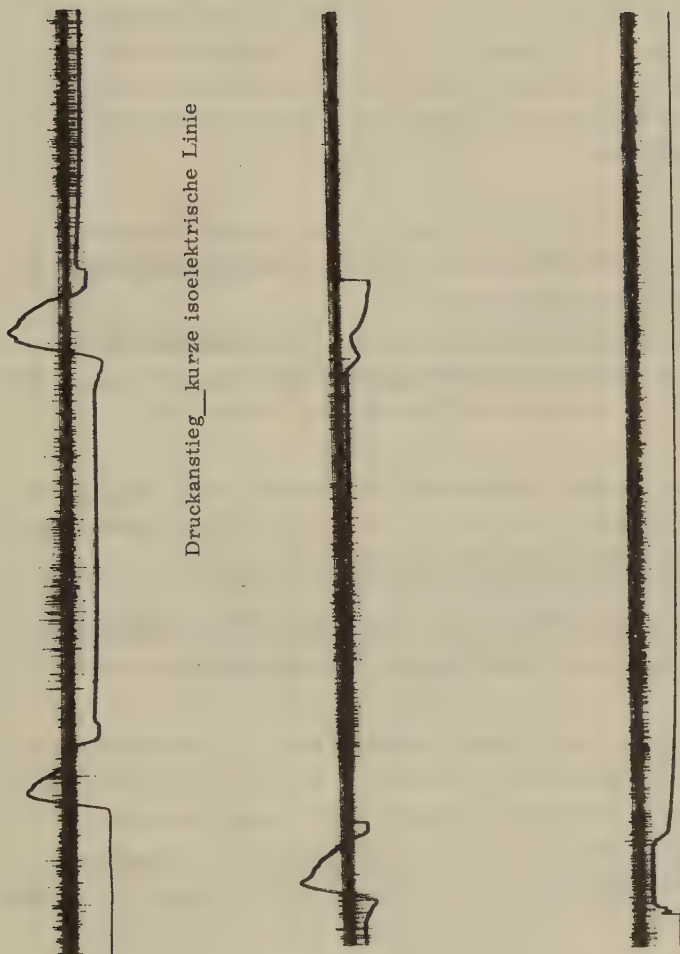


Abb. 36. EMG : Isoelektrische Linie als Folge des raschen Druckanstiegs.

Kombinierte Stimulation mit Druck und elektrischem Reiz

Diese Versuche wurden durchgeführt um festzustellen , ob der elektrische Reiz eine durch Druck hervorgerufene Aktivitätsänderung beeinflussen kann.

Dazu wurde der Miller-Abbott-Ballon in der Ampulle bis zu einem Druck gefüllt , der eine isoelektrische Linie auslöst, in der Ableitung des m. sphincter ani externus.

Ableit- und Reizelektrode liegen im m. sphincter ani externus so dicht als möglich beisammen, der Minimalabstand beträgt jedoch etwa 5 mm , dadurch wurde die gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen.

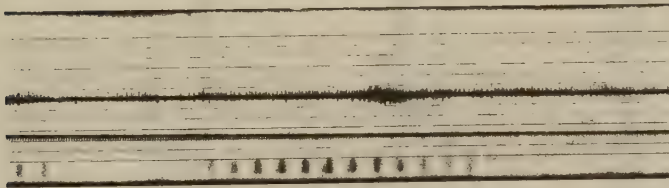
Bei 8 von insgesamt 20 durchgeführten Versuchen traten nach totaler Aktivitätsausschaltung mittels Druck und anschließender elektrischer Reizung Aktivitätsänderungen verschiedener Art auf:

- 1) Die isoelektrische Linie zeigte Schwankungen , die jedoch nicht als Spikes sondern als Welle bezeichnet werden müssen.
- 2) In drei Fällen wurden Aktivitätsbüschel (Abb. 37) beobachtet , die in unregelmäßigen Abständen auftraten und dem EMG-Muster der Willküraktivität sehr nahe kommen. 14 Versuche wurden nach längerer Reizdauer bei verschiedenen Reizstärken abgebrochen, da sich bei ihnen keine Veränderung der isoelektrischen Linie ergab.

- 3) Bei Spannungen über 50 Volt wiederholte sich das bei dem Versuch "elektrische Reizung des m. sphincter ani externus" gesagte. Nämlich die auftretenden Spikes sind in ihrer Anzahl der Impulszahl und in ihrer Höhe der Impulsspannung direkt proportional (Abb. 38).



p(max) --isoelektrische Linie elek. Dauerreiz



Aktivitätsbüschel

Abb. 37 Kombinierte Stimulation mit Druck und elektrischem Reiz.

Empf. = 500 μ V, v = 33 sec/m, U = 50 V, Impulsdauer = 0,05 sec.

Impulsfolge = 0,1 sec., p = 200 mm Hg

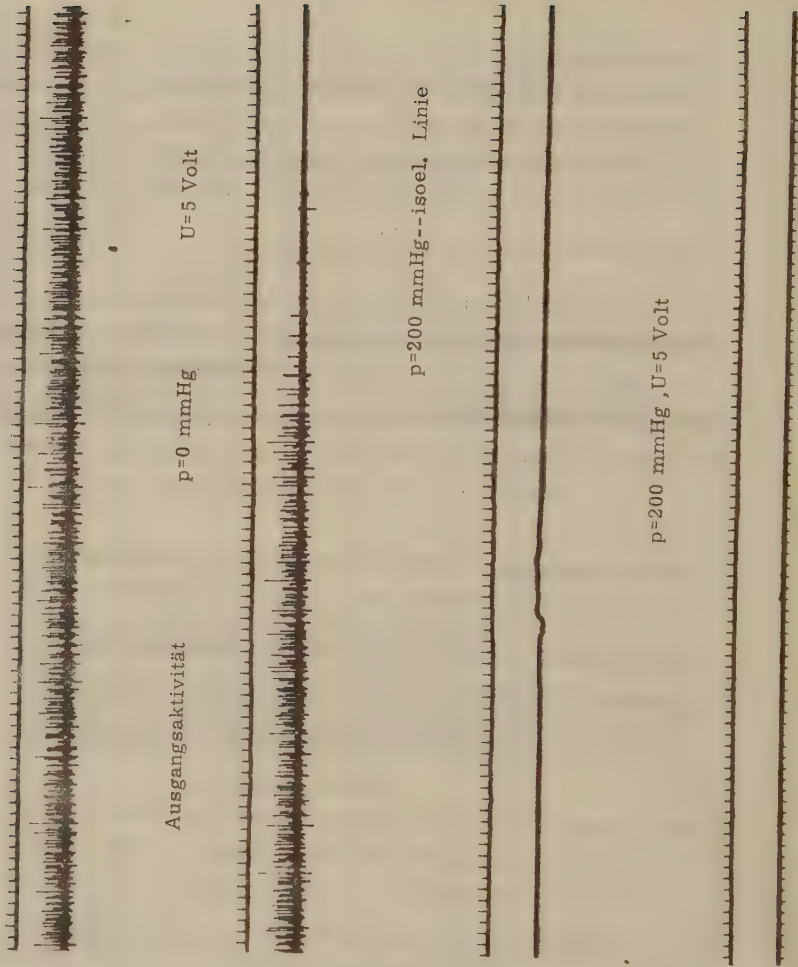


Abb. 38 Kontinuierliche Stimulation des m. sphincter ani externus durch Druck und elektrischen Dauerreiz.

Empf. = 500 μV , $v=33 \text{ sec/m}$, $U=20 \text{ V}$, Impulsdauer = 0,5 s
 Impulsfolge = 0,1 sec. $p(\text{max.}) = 200 \text{ mm Hg}$

DISKUSSION

Die durchgeführten Versuche und ihre Auswertung machen deutlich, daß die Kontraktion des m. sphincter ani externus durch Reize am Dickdarm oder am Sphinkter selbst stimuliert werden kann (13, 26).

Die Wahl des Reizes und seine Intensität entscheiden , ob eine Hyper- oder Hypoaktivität ausgelöst wird. Z. B. scheint es so, daß Druckreize auf den Dickdarm in niederigem Bereich (bis 60 mm Hg) Hyperaktivität des m. sphincter ani externus auslösen, die sich jedoch nach Absetzen des Reizes sehr rasch auf die Ausgangsaktivität einpendelt. Es war in einem Fall möglich , bei einem primär atonischen Analsphinkter, durch Druck Ruheaktivität auszulösen und während es Versuches mehrere Stunden zu erhalten.

Andererseits kann jedes EMG des Analschließmuskels durch einen äquivlenten Druckreiz auf die isoelektrische Linie zurückgeführt werden, dies bedeutet absolute Atonie des Muskels.

Übereinstimmend mit der einschlägigen Literatur (1, 13, 22, 26) wurde von uns beim überwiegenden Teil der untersuchten Tiere eine Dauerkontraktion des m. sphincter ani externus festgestellt, die sich nach einer durch Reiz hervorgerufenen absoluten Atonie in einer Zeit von beginnend nach Reizabbruch bis 30 Minuten danach wieder einstellte.

Der Versuch , die Druckwerte , die zu einer Aktivitätsänderung führen, einem bestimmten Darmabschnitt zuzuordnen, ist schwierig. Abhängig von verschiedenen Darmlumina und anderen Parametern ergeben sich zum Teil relativ stark voneinander abweichende Werte , die jedoch den Schluß zulassen , daß der Reiz , der erforderlich ist, um die Sphinkteraktivität zu beeinflussen, umso größer sein muß, je weiter von der Anocutanlinie entfernt er angreift.

Anders sind die Ergebnisse der Versuche : "Stimulation bei kontinuierlicher Reizung durch Druck und Zug".

Unabhängig davon, wie weit die Sonde in den Darm vorgeschoben wird, ergibt sich bei Zug (Sonde bewegt sich nicht) in jedem Falle eine Aktivitätsminderung.

Dieses Ergebnis ist natürlich bei Bewegung der Sonde in distal gelegene Darmabschnitte noch wesentlich ausgeprägter (13, 26).

Die elektrische Reizung des Darms und des m. sphincter ani externus bietet wegen der Komplexität des Reizvorgangs die meisten Schwierigkeiten.

Die Mehrzahl der Versuche ergab, daß bei niedriger Spannung keine Kontraktionsänderung erfolgt.

Eine hohe Spannung von 50 Volt und darüber , über längere Zeit wirksam, erzeugt eine Aktivitätsminderung.

Die direkte Reizung der Sphinktermuskulatur durch elektrischen Strom als einzige Reizquelle brachte keine beurteilbare Aktivitätsänderung . Spannungen über 50 Volt bewirken Einzelspikes , die in ihrer Höhe der Spannung und in ihrer Anzahl den Impulsen proportional sind.

Anders jedoch die kombinierte Reizung durch Druck und elektrischen Strom . Es hat den Anschein , als ob der elektrische Zusatzreiz die durch den Druckreiz ausgelöste isoelektrische Linie zumindest in einem Teil der Versuche aufheben und damit die Reizschwelle nach oben verschieben würde.

Thermische Reize im Enddarm bewirken generell eine Kontraktionserhöhung des m. sphincter ani externus , und zwar umso mehr , je niedriger die Temperatur und je größer die Temperaturdifferenzen gewählt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

- I) Fragestellung : Welche Änderungen der elektrische Aktivität des m. sphincter ani externus bewirkt
1. ein mechanischer Reiz im Enddarm und Analkanal
 2. ein thermischer Reiz im Enddarm
 3. die elektrische Reizung des Enddarms und des m. sphincter ani externus

II) Methodik :

1. die mechanische Reizung umfaßte folgende Versuche:
 - a) Intraluminale Druckerhöhung in verschiedenen Enddarmabschnitten mittels der Miller-Abbott-Sonde und ohne Ballon.
 - b) Kontinuierliche Reizung durch Druck und Zug.
 - c) Langzeitmessung (simulierte Defäkation).
2. Thermische Reizung:

Der Reiz erfolgt durch die Füllung des Enddarms mit H_2O einer definierten Temperatur.
3. Elektrische Stimulation.
 - a) Reizung verschiedener Enddarmabschnitte und des m. sphincter ani externus mit elektrischen Strom bei definierter Impulszeit, Impulsfolge Trainedauer und Spannung.
 - b) Kontinuierliche Reizung des Enddarms und des m. sphincter ani externus durch Druck (Miller-Abbott-Sonde) und elektrischen Dauerreiz.

III) Ergebnisse:

Die elektrische Aktivität des m. sphincter ani externus kann stimuliert werden.

Es ist möglich in einem primär atonischen Analsphinkter durch mechanischen oder thermischen Reiz Ruheaktivität zu erreichen.

Druckreize bis 60 mm Hg lösen bei einem Teil der Versuchstiere Hyperaktivität der Sphinktermuskulatur aus.

Jedes EMG des m. sphincter ani externus kann durch äquivalenten Druckreiz auf die isoelektrische Linie zurückgeführt werden, der Vorgang ist reversibel, der Druck muß umso höher sein, je weiter entfernt von der Anocutanlinie er angreift.

Die Streckung des Enddarms (Zug) führt zur Frequenz- und Amplitudenverminderung des Sphinkter-EMG's.

Thermische Reize lösen Hyperaktivität aus.

Elektrische Stimulation des Enddarms und des m. sphincter ani externus erbrachte keine eindeutig interpretierbare Änderung des EMG's, nur bei Reizung sphinkternaher Darmschnitte konnte bei einem Teil der Versuchstiere eine Aktivitätsminderung der Sphinktermuskulatur nachgewiesen werden.

LITERATUR

1. Allert M. L., F. Jelastic
Das Ruhe-EMG des gesunden Blasen- und Analschließmuskels
Dtsch. Zschr. Nervenheilk. 194, 252-260 , (1968)
2. Allert M. L.
Die Entleerung der Harnblase Querschnittsgelähmter durch elektrische Reizung
Dtsch. med. Wschr. 90, 2259-2260 , (1965)
3. Becerra E. J.
Elektromyography in Anorectal Diseases
Dis. Colon Rectum 10, 282-287 , (1967)
4. Beckmann R.
"Muskelschwäche " und " Muskelhypotonie" in der Pädiatrie
Diagnostik 4, 129-132 , (1971)
5. Bergström R. M.
Über den Zusammenhang der von der voluntären Muskelaktion erbrachten Bewegungsgröße und derelektrischen Aktivität des Muskels
Acta physiol. scand. 44, 184-188 , (1958)
6. Buchthal F.
Zur Deutung des Elektromyogramms
Berl. Medizin , 12, 127-136 , (1961)

7. Buchthal F.
Volume Conduction of the Spike of the Motor Unit Potential Investigated
with a New Type of Multielectrode
Acta phys. scand. 38 , 331-354 , (1956)
8. Buchthal F.
Motor Unit Territory in Different Human Muscles
Acta physiol. scand. 45 , 72-87 , (1959)
9. Buchthal F.
Action Potential Parameters in Normal Human Muscles and their
Dependence on Physical Variables
Acta phys. scand. 32, 407-414 , (1954)
10. Buchthal F.
Action Potential Parameters in Normal Human Muscle and their
Physiological Determinants
Acta phys. scand. 32, 219-229 , (1954)
11. Couturier D.
Elektromyography of the Colon in Situ
Gastroenterology 56 , 317-321 , (1969)
12. Fishlock D. J.
The Action of Nicotine on the Circular Muscle of the Human Ileum
and Colon in Vitro
13. Floyd W. F.
Elektromyographie of the Sphincter Ani Externus in Man
J. Physiol. 122, 599-609 , (1953)

14. Greven K.

Der Nachweis motorischer Einheiten im Mechanogramm der
Darmmängsmuskulatur

Pflügers Arch. Physiol. 265, 18-22 , (1957)

15. Greven K.

Zur Ableitung von Demarkationspotentialen und monophasischen
Aktionsströmen an der Eingewidemuskulatur

Pflügers Arch. Physiol. 267 , 517-523 , (1958)

16. Higgs B.

A Study of the Anatomy of the Human Esophagus with Special
Reference to the Gastroesophageal Sphinkter

J. Surg. Res. 5 , 503-507 , (1965)

17. Keidel W. D.

Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie

Georg Thieme Verlag , Stuttgart , (1970)

18. Maki T.

(Meetings) Gastrointestinal Elektromyographie

Lancet I , 164, 542-547 , (1951)

19. Melcolm E.

Anatomy of the Dog

W. B. Saunders Comp. Philadelphia , London , (1964)

20. Meyer E.
The Pathophysiology of the Urinary Sphinkter
Surg. Clin. N. Am. 45 , 1467-1480 , (1965)
21. Older T. M.
Determination of Esophageal pH and Intraluminal Pressure:
Technic and Diagnostic Applications
Ann. Surg. 163, 621-628 , (1966)
22. Parks A. G.
Experimental Study of the Reflex Mechanism Controlling the
Muscles of the Pelvic Floor
Dis. Colon Rectum 5, 407-414, (1962)
23. Parks A. G.
Haemorrhoidectomy
Surg. Clin. N. Amer. 45 , 1305-1315 , (1965)
24. Parks A. G.
Pathogenesis and Treatment of Fistula - In Ano
Brit. Med. J. , 463-469 , (1961)
25. Parks A. G.
Preliminary Investigation of the Pharmacology of the Human
Internal Anal Sphinkter
Gut, 10, 674-677 , (1969)

26. Porter N. H.

A Physiological Study of the Pelvic Floor in Rectal Prolapse
Ann. Royal Coll. of Surg. Engl. 31, 379-404 , (1962)

27. Schuster M.

Handb. Physiol., Sect. 6, Alimentary Canal 4, 2121-2146 , (1968)

28. Sperling R.

Zur Behandlung der Chronischen Obstipation und anderer
vegetativdynamischer Störungen des Darms mit Exponential-
(Dreieck)-Strom
Münch. Med. Wsch. 98 , 1654-1657 , (1956)

29. Steinbrecher W.

Elektromyographie in Klinik und Praxis
Georg Thieme Verlag , Stuttgart , (1965)

30. Vandertoll J.

An Experimental Study of the Role of Gastric and Esophageal
Muscle in Gastroesophageal Competence
Surg. Gynecol. Obstet . 122, 579-586 , (1966)

31. Wankling W. J.

Basal Electrical Activity in the Anal Canal in Man
Gut , 9 , 457-460 , (1968)

•

D A N K S A G U N G

Herrn Prof. Dr. med. G. Hegemann , Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen , danke ich für die Erlaubnis , daß ich in seiner Klinik die Untersuchungen zu dieser Arbeit durchführen durfte.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. med. J. Hunger für die Überlassung des Themas und die Ratschläge , die er mir bei der Durchführung des experimentellen Teiles erteilt hat.

Lebenslauf

Am 18. 9. 1945 wurde ich in Pucher, Kreis Waldmünchen geboren. Vom 3. 9. 1951 bis 15. 7. 1959 besuchte ich die Volksschule in Unterhütte und wurde dort aus der achten Klasse entlassen.

Bei der Firma Wessely & Spaett war ich vom 15. 9. 1959 bis 31. 12. 1962 beschäftigt. Während dieser Zeit besuchte ich die Berufsschule in Waldmünchen.

Vom 1. 1. 1963 bis 8. 3. 1964 war ich bei der Firma Lange in Leverkusen tätig.

In Leverkusen besuchte ich ab 3. 5. 1963 die Berufsaufbauschule und legte nach sieben Semestern in Abendkursen am 22. 10. 1966 die Fachschulreifeprüfung mit Erfolg ab.

Vom 8. 3. 1964 bis 31. 10. 1966 war ich im Wissenschaftlichen Hauptlabor der Farbwerke Bayer in Leverkusen tätig.

Am 1. 11. 1966 begann ich am Oberhausen-Kolleg den fünfsemestrigen Kursus zur Erlangung der Hochschulreife. Das Reifezeugnis bekam ich am 23. 1. 1969 zuerkannt.

Vom 15. 4. 1969 bis 23. 4. 1970 studierte ich an der Universität Würzburg Medizin und legte im Wintersemester 1969/70 die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab.

Vom 27. 4. 1970 studierte ich an der Universität Erlangen-Nürnberg, wo ich im Sommersemester 1971 die ärztliche Vorprüfung ablegte.

Am 27. 1. 1975 habe ich mit Erfolg die ärztliche Prüfung abgelegt.

Copie - Center 2000
852 ERLANGEN • Obere Karlstr. 30